

RMé 241

241

RMé

RE $\sqrt$ UE DE MATHÉMATIQUES
POUR L'ÉCOLE

JUIN 2024

ISSN : 2571-516X

SOMMAIRE

ÉVALUER LA RESOLUTION DE PROBLEMES DE MANIERE CERTIFICATIVE : UNE QUESTION COMPLEXE	3
Isaline Ruf, Laura Weiss.....	3
LES ACTIONS DES ELEVES AVEC UN EXERCISEUR.....	15
Francine Athias.....	15
GENRE ET MATHEMATIQUES A L'ECOLE : ETAT DES LIEUX DANS LE CANTON DE VAUD ET IMPACT DU SYSTEME SCOLAIRE SUR LES PARCOURS DES ELEVES	27
Francesca Gregorio, Michel Deruaz, Bénédicte Marfaing, Rosalie Chevalley	27

ÉVALUER LA RESOLUTION DE PROBLEMES DE MANIERE CERTIFICATIVE : UNE QUESTION COMPLEXE

Isaline Ruf, Laura Weiss

Institut de Recherche et de Documentation Pédagogique

La résolution de problèmes dans l'enseignement des mathématiques est incontournable. Qu'en est-il de son évaluation ? L'analyse des évaluations cantonales externes de Suisse romande nous a permis de distinguer des types de tâches proposées. Sur la base des catégories obtenues, nous discutons de la pertinence de certaines tâches pour évaluer la résolution de problèmes.

École primaire, évaluation certificative, résolution de problèmes.

INTRODUCTION

La résolution de problèmes est depuis plusieurs années incontournable dans l'enseignement des mathématiques en milieu scolaire, tant au regard des curricula que des moyens d'enseignement. En Suisse romande, on le constate par exemple dans les visées prioritaires du domaine Mathématiques et sciences de la nature (MSN) du Plan d'études romand (PER) : « Se représenter, problématiser et modéliser des situations et résoudre des problèmes en construisant et en mobilisant des notions, des concepts, des démarches et des raisonnements propres aux Mathématiques [...] » ainsi que dans le premier chapitre de chaque axe thématique des cycles 1 et 2 (*Espace, Nombres, Opérations, Grandeurs et mesures*) intitulé « Éléments pour la résolution de problèmes » (CIIP, 2010). L'idée sous-jacente est que la résolution de problèmes est un moyen de développer les connaissances mathématiques des élèves – c'est à travers les problèmes que les outils et notions mathématiques enseignés prennent sens – mais elle peut aussi être un objet d'apprentissage pour elle-même (Favier & Chanudet, 2021).

Bien que la résolution de problèmes soit au cœur des recherches en didactique des mathématiques depuis bien des années, elle reste un sujet très actuel de par sa complexité et les difficultés qu'elle représente pour les élèves et pour les enseignant·es. Néanmoins, si l'enseignement *de* ou *par* la résolution de problèmes en mathématiques a fait l'objet de nombreuses études, la question de l'évaluation de celle-ci est moins documentée (par exemple Sayac & Grapin, 2014 ; Bodin & Grapin, 2018), en particulier en ce qui concerne l'évaluation certificative qui nous intéresse ici.

Dans cette contribution, nous présentons notre réflexion issue de l'analyse des évaluations cantonales externes de Suisse romande de fin d'école primaire¹ (élèves de 11-12 ans) menées en vue de mettre à disposition des enseignant·es romand·es des tâches évaluatives de résolution de problèmes². Après avoir distingué différents types de tâches, nous illustrons chaque catégorie au moyen quelques exemples inspirés de ces évaluations. Enfin, nous discutons de la pertinence d'évaluer la résolution de problèmes de façon certificative et les conditions pour le faire.

¹ Dans la plupart des cantons romands, les élèves de fin de primaire réalisent des évaluations cantonales externes portant sur l'ensemble des apprentissages prévus par le PER. Ces épreuves, identiques pour l'ensemble des élèves d'un même canton qui les produit, sont certificatives dans la mesure où elles participent à l'évaluation de leurs compétences, voire à leur orientation scolaire.

² Ces tâches évaluatives destinées à des élèves de 8^e année leur sont mises à disposition par le biais des *PistEval*, se présentant sous forme de pages Internet : <https://bdper.plandetudes.ch/login/?next=/eprocom/maths-8/>. Elles contiennent des exemples de tâches évaluatives en lien avec les objectifs du PER, à sélectionner et/ou ajuster par l'enseignant·e lors de l'élaboration de ses évaluations en classe, en fonction des objectifs poursuivis, de ce qui a été enseigné et des apprentissages visés.

CADRAGE THÉORIQUE

Des problèmes avec différentes fonctions

Il existe une variété de problèmes dont les fonctions en situation d'enseignement-apprentissage peuvent être distinguées. En effet, tout problème n'a pas la même visée ni le même enjeu pour l'enseignant·e qui le soumet à ses élèves. Charnay (1992) en propose la catégorisation suivante :

- les problèmes destinés à engager les élèves dans **la construction de nouvelles connaissances** (souvent appelés "situations-problèmes"),
- les problèmes destinés à permettre aux élèves **l'utilisation des connaissances déjà étudiées** (souvent appelés "problèmes de réinvestissement"),
- les problèmes destinés à permettre aux élèves **l'extension du champ d'utilisation d'une notion déjà étudiée** (parfois appelés "problèmes de transfert", avec toute l'ambiguïté liée à ce dernier terme),
- les problèmes plus complexes dans lesquels les élèves doivent **utiliser conjointement plusieurs catégories de connaissances** (parfois appelés "problèmes d'intégration ou de synthèse"),
- les problèmes dont l'objectif est de permettre au maître et aux élèves de **faire le point sur la manière dont les connaissances sont maîtrisées** ("problèmes d'évaluation"),
- les problèmes destinés à **mettre l'élève en situation de recherche et donc de développer des compétences plus méthodologiques** ("problème ouvert")

(Charnay, 1992, pp. 78-79)

Ce sont les problèmes qualifiés « d'évaluation » par Charnay (1992) qui nous intéressent ici. Afin de s'y pencher de manière plus spécifique, il convient de tout d'abord définir ce qu'est une évaluation certificative à l'école.

L'évaluation certificative

L'évaluation fait partie intégrante du travail de tout·e enseignant·e (Roditi, 2016). Selon De Ketele (2010), le processus évaluatif consiste à :

[...] recueillir un ensemble d'informations [...] pertinentes dans le choix, valides pour l'exploitation, fiables dans le recueil et confronter, par une démarche adéquate, cet ensemble d'informations à un ensemble de critères [...] pertinents dans le choix (cohérent avec le référentiel), valides dans l'opérationnalisation, fiables dans l'utilisation pour attribuer une signification aux résultats de cette confrontation [...] et ainsi pouvoir fonder une prise de décision cohérente avec la fonction visée par l'évaluation [...] (De Ketele, 2010, p. 31).

Il existe différentes formes d'évaluation qui se distinguent notamment par leur visée ou fonction, que De Ketele (2010) définit comme suit :

[...] évaluer pour orienter une nouvelle action à entreprendre [évaluation d'orientation³] ; évaluer pour améliorer une action [ici l'apprentissage] en cours [évaluation de régulation, aussi appelée formative] ; évaluer pour certifier socialement une action considérée comme terminée [évaluation certificative]. (De Ketele, 2010, p. 26)

³ Cette terminologie est préférée par De Ketele (2010) à celle d'évaluation diagnostique. Selon cet auteur, "l'évaluation d'orientation[sélection] a pour fonction de préparer une nouvelle action : une nouvelle année ou une nouvelle filière d'études pour un élève ; une nouvelle année scolaire pour un enseignant ou un établissement ; un nouvel enseignement ; une nouvelle séquence d'apprentissage..." (p. 27).

L'évaluation qui nous intéresse ici est l'évaluation certificative au sens de De Ketele (2010). Elle est aussi communément appelée "évaluation sommative" dans le milieu éducatif, mais De Ketele (2010) insiste sur le fait que l'aspect "sommatif" fait référence à la démarche d'évaluation – ici de faire une somme pour attribuer une note – et non à la fonction de l'évaluation. Dans cette contribution, nous nous en tenons à la terminologie "certificative", ce type d'évaluation visant donc à attester du niveau d'acquisition des connaissances et compétences de l'élève au terme d'une ou plusieurs séquences d'enseignement.

Si de nombreuses études se sont intéressées à l'évaluation formative de la résolution de problèmes (par exemple Allal, 1991 ; Scriven, 1967) ou diagnostique (par exemple Demonty, Fagnant & Dupont, 2015), plus rares sont celles qui ont porté, en didactique des mathématiques, sur l'évaluation certificative de telles tâches au niveau primaire. Les publications à propos des évaluations externes internationales telles que TIMSS et PISA (par exemple Bodin & Grapin, 2018) ou nationales (par exemple Grapin & Mounier, 2020) s'intéressent bien aux tâches proposées pour l'évaluation, toutefois il ne s'agit pas d'évaluations certificatives pour les élèves, mais plutôt d'évaluations des systèmes scolaires.

Des catégories de tâches

Quelles sont les tâches utilisées dans les évaluations cantonales externes pour évaluer certificativement les élèves de fin de cycle 2 ? Houdement (2017) propose une classification des problèmes arithmétiques de types additif et multiplicatif. Elle en distingue trois types :

- [les] problèmes basiques dont il est attendu une résolution "automatisée" ;
- [les] problèmes complexes, agrégats de problèmes basiques où la construction et la connexion des informations, nécessaires pour la résolution, est à la charge de l'élève ;
- [les] problèmes atypiques (qui ne sont pas des agrégats de problèmes basiques), dont la résolution demande la construction d'une stratégie, à défaut d'une ressemblance que percevrait le sujet avec un problème résolu.

(Houdement, 2017, p. 73)

Dans le but de mettre à disposition des enseignant·es romand·es des problèmes d'évaluation pour les soutenir dans l'élaboration de leurs propres évaluations en classe, nous avons analysé les évaluations cantonales externes de Suisse romande, destinées à des élèves de fin de cycle 2 (élèves âgés de 11-12 ans). Étant donné que les tâches de ces évaluations ne se limitent pas à des problèmes de structures additive et multiplicative selon Vergnaud (1981) nous avons repris la classification proposée par Houdement (2017) que nous avons élargie à d'autres domaines mathématiques. Par ailleurs, les évaluations cantonales externes ne comprenant pas uniquement des problèmes, nous y avons ajouté une catégorie « exercices » afin que la classification permette d'englober toutes les tâches qui les composent. Cela nous a finalement amenées aux quatre catégories suivantes :

- exercices techniques isolés,
- exercices d'application,
- problèmes complexes,
- problèmes atypiques.

Les intitulés de nos catégories insistent sur la distinction entre exercices et problèmes. En effet, beaucoup d'auteur·es s'accordent à dire que la caractéristique principale d'un problème réside dans le fait que la procédure permettant de le résoudre n'est pas immédiatement accessible au sujet appelé à réaliser cette tâche (Monaghan, Pool, Roper & Threlfall, 2009 ; Schoenfeld, 1985 ; Newell & Simon, 1972). Il en ressort que la situation en elle-même n'est pas suffisante pour définir un problème : seule une tâche considérée au regard du sujet amené à la résoudre (notamment son âge, les apprentissages déjà réalisés et le contexte

et/ou le moment auquel elle lui est proposée⁴) peut être désignée comme problème. C'est ce que souligne Brun dans la citation ci-dessous :

Il n'y a problème que dans un rapport sujet / situation, où la solution n'est pas disponible d'emblée, mais possible à construire. C'est dire aussi qu'un problème pour un sujet donné peut ne pas être un problème pour un autre sujet, en fonction de leur niveau de développement intellectuel par exemple (Brun, 1990, p. 2).

Une tâche n'étant pas en soi un exercice ou un problème, rendant ainsi leur distinction délicate, nous nous sommes basées sur les connaissances et compétences attendues par le PER pour des élèves de fin d'école primaire pour classer les tâches évaluatives présentes dans les évaluations cantonales externes romandes.

La catégorie « **exercices techniques isolés** » se distingue facilement des autres catégories et comprend par exemple des calculs posés ou réfléchis, des conversions d'unités, des mesures ou constructions d'angles, l'identification ou la construction de l'image d'une figure par isométrie, etc. Ces exercices, souvent décontextualisés, permettent notamment d'évaluer des savoirs procéduraux et peuvent être mis en parallèle avec les « tâches d'application simples et isolées » dont parlent Robert et Rogalski (2002).

Les « **exercices d'application** » correspondent aux tâches dont la procédure nécessaire à leur résolution a été entraînée et rejoignent la catégorie des « problèmes basiques⁵ » d'Houdement (2017). La procédure permettant d'arriver à la réponse ayant été automatisée en situation d'enseignement et étant connue d'emblée, ces tâches ne peuvent plus être considérées comme des problèmes au stade de l'évaluation et correspondent donc bien à des exercices (Chanudet, 2019). Julo (1995) décrit cette distinction comme suit :

C'est bien là que se trouve la frontière entre exercice et problème : l'existence, dans le premier cas, d'une stratégie qui s'impose d'elle-même, d'une procédure que l'on n'a pas vraiment à élaborer (mais plutôt à appliquer) et donc d'une représentation que l'on n'a plus vraiment à construire (Julo, 1995, p. 19).

Il s'agit souvent (mais pas toujours) de tâches contextualisées dont le ou les outil(s) à utiliser n'est/ne sont pas mentionné(s). L'exercice suivant, considérée au terme d'une séquence d'enseignement autour de l'outil mathématique *multiple* lors de laquelle la recherche de multiples communs, présente dans les moyens d'enseignement, a été travaillée, en est un exemple :

À Swiss Vapeur Parc, trois trains miniatures réalisent leur parcours en boucle.

- Le train bleu réalise son parcours en 12 minutes.
- Le train jaune réalise son parcours en 10 minutes.
- Le train rouge réalise son parcours en 15 minutes.

Les trois trains miniatures partent en même temps de la gare principale.

Dans combien de minutes, au plus tôt, y seront-ils à nouveau tous ensemble ?

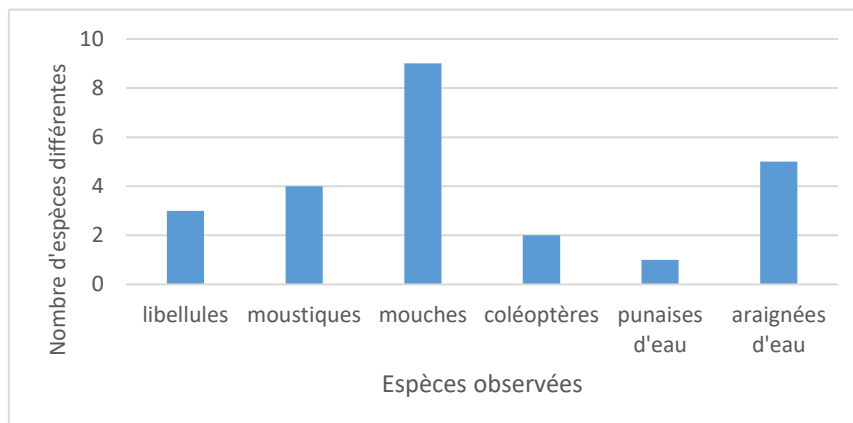
Fig. 1 : Exemple d'un exercice d'application inspiré des évaluations cantonales externes

⁴ Dans certains cas, l'environnement de la tâche peut lui donner le statut d'« exercice », notamment lorsque celle-ci est soumise à l'élève lors de la séquence d'enseignement (ou à l'issue de celle-ci) visant précisément à travailler l'outil nécessaire pour répondre à la question posée. Ici, ce sont donc plutôt les phénomènes de contrat didactique qui amènent l'élève à le mobiliser.

⁵ Selon Houdement (2017), les problèmes basiques correspondent aux "problèmes à deux données [resp. $(2n+1)$ données pour les problèmes liés à la proportionnalité], où il s'agit de déterminer une troisième valeur [resp. une $(2n+2)$ ème], à énoncé court, syntaxe simple, sans information superflue" (p. 6).

Il en va de même pour les exercices d'application ci-dessous pour lesquels l'élève doit mobiliser de son propre chef le(s) outil(s) mathématique(s) automatisé(s) en classe :

Dans le cadre du recensement de la biodiversité près d'un plan d'eau, des scientifiques ont répertorié le nombre d'espèces différentes observées. Ils ont obtenu les résultats suivants :



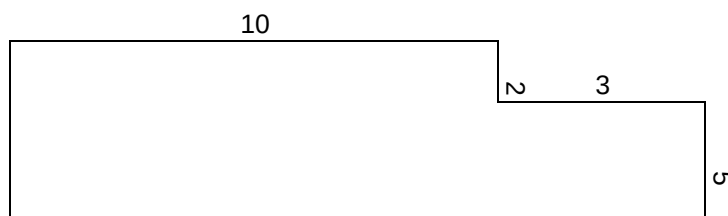
Combien d'espèces de mouches de plus que d'araignées d'eau ont été observées ?

Pierre fait une randonnée en montagne. Il monte depuis Zermatt qui se trouve à 1600 m d'altitude jusqu'à la cabane du Hörnli, à 3200 m d'altitude. Arrivé à la cabane, il se demande quelle différence d'altitude le sépare du départ de sa randonnée. **Combien de mètres a-t-il gravis de Zermatt à la cabane du Hörnli ?**

Combien coûtent 5 kg de pommes vendues 7 francs les 2 kg ?

Pour la course d'école, la commune paie 8,50 francs pour chacun des 22 élèves de la classe. **De quel montant dispose l'enseignante pour payer la sortie ?**

Voici le croquis d'une figure composée de deux rectangles. **Calcule son périmètre.**
Les dimensions sont données en cm.



Voici une étoile :



Camille l'a découpée et aimerait la plier en deux, de façon à ce que les deux parties se superposent parfaitement. **Dessine tous les plis possibles.**

Fig. 2 : Exemples d'exercices d'application inspirés des évaluations cantonales externes

Les « **problèmes complexes** » se différencient des exercices d'application par le fait que la procédure de résolution n'est pas automatisée. Ces problèmes sont définis comme une combinaison et articulation de problèmes basiques :

Résoudre un problème complexe nécessite de connecter des informations pour construire des sous-problèmes calculables, souvent basiques, et utiles pour avancer vers la réponse. Mais cela exige aussi de

qualifier les résultats intermédiaires (pour rester dans le domaine des grandeurs contextualisées et garder le lien avec le contexte de départ) ; et même d'avoir pris conscience de la nécessité de ce travail de pensée (compétence métacognitive) (Houdement, 2017, p. 12).

De tels problèmes comportent donc plusieurs étapes dans leur résolution – autrement dit la recherche non guidée de résultats intermédiaires – étapes qui peuvent faire appel à un ou plusieurs outils ou notions mathématiques. L'élève doit, en quelque sorte, se demander par où commencer pour arriver à la solution et/ou à quelle(s) notion(s) faire appel. En voici des exemples :

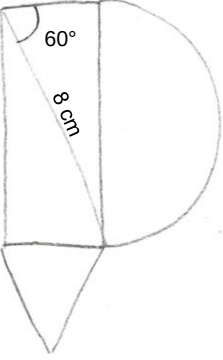
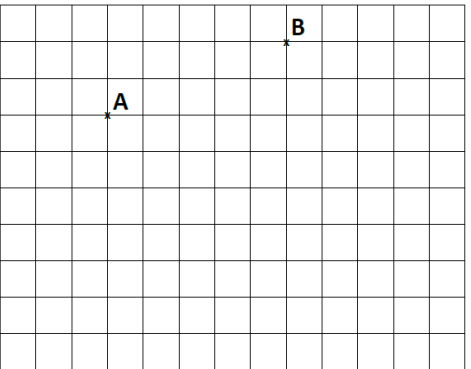
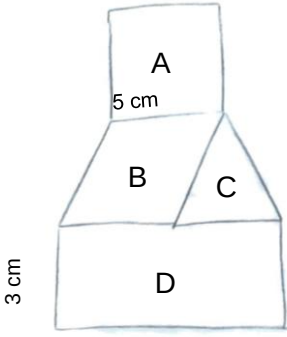
1. Un boucher a préparé 60 saucissons. Il les vend 4 francs pièce. Cette semaine, il propose une action : si un client achète 4 saucissons, il ne paie que 14 francs.  À la fin de la journée, 20 clients ont acheté des saucissons. 8 d'entre eux ont profité de l'action et les autres se sont contentés d'un seul saucisson. Combien d'argent le boucher a-t-il encaissé durant la journée grâce à la vente des saucissons ?	2. Il faut 400 litres de lait pour produire une meule de gruyère de 35 kg.  - Un producteur de gruyère vend son fromage 17 francs le kg. - Cette année, ce producteur a gagné 29'750 francs en vendant tout son gruyère. Combien de litres de lait a-t-il utilisés pour produire son gruyère ?
3. Pauline et Amélie sont deux amies de moins de 70 ans. Pauline a une année de plus qu'Amélie. L'âge de Pauline est un multiple de 5 et l'année prochaine ce sera un multiple de 7. L'âge d'Amélie est un multiple de 9. Quel âge ont ces deux amies ?	4. À l'aide de ton matériel de géométrie, construis précisément cette figure composée d'un rectangle, d'un triangle équilatéral et d'un demi-cercle selon les indications du croquis. 
5. Dans ce système d'axes, les coordonnées du point A sont (-8 ; 3) et celles du point B sont (2 ; 9).  Place le point C qui a pour coordonnées (0 ; -6).	6. Voici le croquis d'une figure plane constituée d'un carré A, d'un losange B, d'un triangle équilatéral C et d'un rectangle D.  Calcule le périmètre de la figure formée par ces quatre polygones.

Fig. 3 : Exemples de problèmes complexes inspirés des évaluations cantonales externes

Quant aux « **problèmes atypiques** », Houdement (2017) y entend notamment les problèmes dits « pour chercher ». Au regard des tâches proposées dans les évaluations cantonales externes, nous y classons les problèmes pour lesquels la recherche d'une stratégie est au cœur de la tâche. Il s'agit notamment des situations pour lesquelles la stratégie de résolution correspond, pour l'élève, à son niveau, à une démarche ad hoc, à l'image des ajustements d'essais successifs. L'outil expert n'est pas disponible en tant que tel pour l'élève dans la mesure où il n'a pas (encore) été enseigné en classe. À titre d'illustration, en font partie des problèmes pouvant se résoudre par un système d'équations ou encore des problèmes de recherche de la loi de formation d'une suite de nombres. Relèvent également de cette catégorie les problèmes de logique (notamment de déduction à partir d'informations données) et ceux visant l'exhaustivité des cas. Dans les évaluations cantonales externes se trouvent quelques problèmes de ce type dont les stratégies à mettre en œuvre sont variées, à l'image de la recherche de l'exhaustivité des réponses (en lien avec une organisation systématique de recherche) (A), l'ajustement d'essais successifs (B et E), l'identification d'une suite numérique (C), l'élaboration d'un arbre de classement (D) ou encore le raisonnement déductif (F), par exemple :

A. De combien de façons différentes peut-on obtenir 30 euros avec des pièces de 2 euros et des billets de 5 et 10 euros ?	B. Dans un parking sont garées des voitures et des motos. Un enfant y compte 30 rétroviseurs (2 par véhicule) et son camarade 44 roues. Combien y a-t-il de voitures et de motos dans ce parking ?												
C. Un abricotier magique produit des abricots de la manière suivante : <table border="1" data-bbox="280 994 660 1299"> <thead> <tr> <th>Jour</th><th>Nombre d'abricots</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1^{er}</td><td>4</td></tr> <tr> <td>2^e</td><td>7</td></tr> <tr> <td>3^e</td><td>10</td></tr> <tr> <td>4^e</td><td>13</td></tr> <tr> <td>5^e</td><td>16</td></tr> </tbody> </table> Combien d'abricots cet abricotier produira-t-il le 100^e jour ?	Jour	Nombre d'abricots	1 ^{er}	4	2 ^e	7	3 ^e	10	4 ^e	13	5 ^e	16	D. Un magasin propose plusieurs options à choix pour personnaliser son sac à dos. Il existe trois modèles différents (TX3, WL7, QS9), pour lesquels on peut choisir le matériau (cuir ou tissu), la taille (petit, moyen ou grand) et le nombre de poches (1, 2, 3, 4 ou 5). Combien de sacs à dos différents est-il possible de composer avec les options à choix ?
Jour	Nombre d'abricots												
1 ^{er}	4												
2 ^e	7												
3 ^e	10												
4 ^e	13												
5 ^e	16												
E. Colorie entièrement certains petits cercles de cette figure de manière à ce qu'elle n'ait aucun axe de symétrie. 	F. À l'aide de ces indices, classe ces 5 personnes de la plus grande à la plus petite. - Bastien est plus grand que Maxime. - Maxime est plus petit que Lucie. - Amélie est plus petite que Maxime. - Lucie est plus grande que Bastien.												

Fig. 4 : Exemples de problèmes atypiques inspirés des évaluations cantonales externes

PROBLÉMATIQUE

L'objet de discussion de cet article porte sur l'évaluation certificative de la résolution de problèmes : comment l'évaluer en tant qu'objet, autrement dit indépendamment des outils ou notions pour le résoudre ? Comment l'évaluer de façon certificative sans réduire cette résolution à la « seule » reproduction

d'une procédure exercée en classe ? Peut-on mettre l'élève devant un problème « nouveau » en évaluation ? Comme le souligne Pochon (2007) :

La question du caractère inédit du problème à résoudre en situation d'évaluation est délicate. Elle ne peut pas être discutée indépendamment des critères d'évaluation adoptés, des buts de l'évaluation, etc. Le caractère même de l'inédit est une question en soi qui demande une étude attentive des activités proposées et dépend de caractéristiques objectives des sujets [...] (Pochon, 2007, p. 6).

En bref, dans quelle mesure l'évaluation certificative de la résolution de problèmes est-elle possible et pertinente ? Quels sont les indicateurs caractérisant les problèmes pouvant faire l'objet d'une telle évaluation ?

DISCUSSION

Comme nous l'avons vu, les problèmes visent différentes fonctions. Tout problème ne se prête ainsi pas à une évaluation certificative. Par exemple, les situations-problèmes (Charnay, 1992) au sens d'obstacle à dépasser en raison d'un outil mathématique non disponible interviennent en début de séquence d'enseignement dans la mesure où elles visent l'introduction et la construction d'un nouveau savoir, ce qui est en contradiction avec la visée d'une évaluation certificative qui n'est pas de faire découvrir une nouvelle notion mathématique.

Comme le relève Schneider (2002), dans un cadre d'évaluation à visée certificative, le choix des tâches permettant d'évaluer la résolution de problèmes peut s'avérer problématique :

Au moment de l'évaluation certificative, certains [enseignants] font varier de nouveaux paramètres voulant tester la capacité de transfert de leurs élèves et, souvent, le nombre d'échecs qui en découle les met en porte-à-faux par rapport à la « commande » institutionnelle. Les autres enseignants proposent des problèmes fort proches de ceux travaillés en classe, mais qu'évaluent-ils alors : certainement pas la capacité à résoudre des problèmes (Schneider, 2002, p. 43).

La difficulté d'une telle évaluation relève ainsi du paradoxe suivant : plus la résolution de problèmes est entraînée, plus l'éventail des procédures de résolution à disposition de l'élève s'étoffe, et moins les tâches correspondent à des problèmes puisque la procédure a été automatisée. C'est d'ailleurs ce qui qualifie « l'expert » : il ou elle a à disposition toute une palette de stratégies parmi lesquelles il ou elle peut choisir pour résoudre la tâche. Pourtant, comme le souligne Scallon (2007), « d'un point de vue purement éthique, on doit se référer à des réalités qui ont été objets d'apprentissage ou qui présentent des analogies avec ce qui a été appris » (p. 149). L'évaluation certificative devrait ainsi porter sur des apprentissages réalisés en classe, compromettant l'utilisation, en évaluation certificative, de problèmes inédits ; ceux dont la stratégie de résolution est totalement inédite devraient être réservés à l'enseignement. Comme le dit si bien Scallon (2007) : « tout n'est pas permis en évaluation » (p. 161). Dès lors, quels problèmes pourraient convenir pour l'évaluation certificative ?

La plupart du temps, un problème est accompagné d'un contexte (vie courante, domaine scientifique...) et fait appel à plusieurs notions mathématiques. La mobilisation des outils ou des connaissances en jeu est généralement laissée à la charge de l'élève. Il convient toutefois de souligner que ces indicateurs ne sont ni nécessaires ni suffisants pour considérer une tâche comme un problème⁶, comme l'illustrent les exemples de notre catégorie intitulée « exercices d'application ». Dans un écrit de préparation à la Semaine des mathématiques de 2018, non signé, publié par l'Académie de Créteil, est spécifié que n'engagent une résolution de problèmes seules les tâches dont le « modèle de résolution » est inconnu, ou encore celles où

⁶ Il est intéressant de relever qu'une autre manière, plus ancienne (mais qui perdure toujours chez certain.es enseignant.es), pour distinguer exercices et problèmes repose sur leur contexte : celui d'un exercice serait intramathématique (et son énoncé assez court), tandis que celui d'un problème serait issu de la vie courante ou d'un domaine scientifique...

il est connu, mais alors à condition que la tâche nécessite le tri, la recherche, la décomposition et l'organisation des données. En résolution de problèmes, il est donc indispensable que la tâche demande à l'élève de s'interroger sur la stratégie à mettre en œuvre, les outils et notions à convoquer et la manière de les combiner pour arriver à la solution. En effet, « c'est bien le fait de découvrir par soi-même une solution que l'on n'entrevoit pas dans un premier temps qui est l'enjeu de cette activité particulière » (Julo, 1995, p. 25).

De notre point de vue, les tâches de la catégorie « problèmes complexes » présentent ces caractéristiques dans la mesure où ce type de problèmes amène l'élève à « sélectionner et connecter des informations en qualifiant les résultats intermédiaires » (Académie de Créteil, 2018) de sous-tâches qu'il ou elle a construites (dans les autres cas, il s'agit de tâches d'application). Ces compétences sont d'ailleurs également relevées dans le PER, sous la partie « Éléments pour la résolution de problèmes » de chaque objectif d'apprentissage, par exemple :

- tri et organisation des informations,
- mise en œuvre d'une démarche de résolution,
- déduction d'une ou plusieurs informations nouvelles à partir de celles qui sont connues.

(CIIP, 2010)

Les « problèmes complexes » peuvent donc être considérés comme évaluant la résolution de problèmes pour des élèves de fin de primaire. En effet, l'exemple n°1 de la Fig. 3, de par sa structure, demande à l'élève d'organiser la mobilisation des savoirs et savoir-faire à déployer pour le résoudre (soustraction, multiplication, addition). Il en va de même pour l'exemple n°2, lequel nécessite toutefois la maîtrise d'un seul outil mathématique, à savoir celui de la proportionnalité, automatisé en classe. Ici, l'élève ne peut appliquer ce concept entraîné sans se questionner quant à l'ordre des données à traiter. Quant à l'exemple n°3, bien que l'outil mathématique *multiple* soit mentionné, il nécessite de prendre en compte les données et les liens entre elles. Dans l'axe thématique *Espace*, l'exemple n°4 relève aussi d'un problème dans la mesure où les figures planes sont dépendantes les unes des autres. Un raisonnement basé sur certaines propriétés des figures géométriques planes en jeu ainsi que des déductions sont ainsi nécessaires pour savoir par où commencer et comment s'y prendre pour réaliser la construction de l'assemblage. Quant à l'exemple n°5, il demande à l'élève de rechercher de son propre chef l'origine du système d'axes (et ses graduations), sur la base des coordonnées des points donnés. Ces étapes intermédiaires sont donc nécessaires mais non explicitement mentionnées pour pouvoir placer le point C. Enfin, pour l'exemple n°6 qui *a priori* relève de l'axe thématique *Grandeurs et mesures*, l'élève doit préalablement utiliser ses connaissances relatives aux propriétés des figures géométriques planes concernées (isométrie des côtés) pour pouvoir répondre à la question posée. Dans tous ces exemples, pour parvenir à la solution l'élève doit impérativement trier, rechercher, décomposer, organiser (Académie de Créteil, 2018) et mettre en relation les données de l'énoncé. Il nous semble que c'est la combinaison ou même l'imbrication des différentes étapes qui mettent l'élève en situation de résolution de problèmes. Cette catégorie de problèmes représente donc un possible moyen d'évaluation de la mobilisation et de l'utilisation adéquate d'outil(s) ou notion(s) mathématique(s), à travers la mise en œuvre de procédures de résolution.

Quant aux « problèmes atypiques », nous postulons qu'ils peuvent aussi servir d'objet d'évaluation. Néanmoins, un problème atypique, à force d'entraînement d'une stratégie spécifique (dans des contextes proches ou similaires), peut devenir un exercice. Par exemple, un problème atypique dont des « clones » se retrouvent dans les moyens d'enseignement et ont fait l'objet d'un travail systématique en classe ne permet plus d'évaluer la résolution de problèmes étant donné que l'élève n'a plus qu'à appliquer une stratégie connue voire automatisée. En effet :

on peut imaginer qu'après plusieurs problèmes se ressemblant, le contexte ou plus généralement la forme similaire du nouveau problème peut amener les élèves à recourir presque de facto au type de démarche ou raisonnement déjà utilisé, et ainsi limiter leur prise d'initiative et leur réflexion quant au choix de la démarche à adopter (Favier & Chanudet, 2021, p. 94).

Le statut d'une tâche n'est donc ni intrinsèque à celle-ci, ni étanche. Typiquement, les problèmes faisant appel au produit cartésien (comme l'exemple D de la Fig. 4) pouvant être résolus au moyen d'un arbre de classement et/ou de multiplications peuvent rapidement devenir des exercices. Une fois que l'élève identifie dès le départ l'outil mathématique à appliquer, à savoir la multiplication, on ne peut plus parler de résolution de problèmes. Par conséquent, selon le travail accompli en classe, certains problèmes atypiques ne sont plus pertinents lors d'une évaluation certificative.

Pour pouvoir proposer des problèmes atypiques en évaluation certificative, il est pourtant indispensable que les élèves aient été confronté·es à de tels problèmes pour lesquels ils et elles ont été appelé·es à mettre en œuvre toute une palette de stratégies, lesquelles auront été discutées en classe (par exemple pour en comparer l'efficacité). Le débat entre élèves ne devrait pas se conclure par *la* méthode à retenir, mais permettre aux élèves d'argumenter les avantages et inconvénients de leurs façons de procéder. Ainsi, à travers un problème atypique bien choisi, on évalue la compétence de l'élève à « adapter » des stratégies, étant donné qu'il ou elle a été entraîné·e à le faire.

Les problèmes atypiques ont donc bien leur place en évaluation certificative, à condition que les élèves aient été entraîné·es à chercher, à faire des essais, à être méthodiques, à identifier des suites de nombres en situation, etc. et que le problème évaluatif proposé présente une certaine analogie à ceux réalisés en enseignement, sans pour autant trop leur ressembler. C'est bien le cas des autres exemples présentés dans la Fig. 4. Si ces problèmes permettent de réellement évaluer la résolution de problèmes en tant qu'objet d'évaluation, ils doivent être utilisés avec précaution et choisis avec soin.

Revenons sur l'enjeu d'évaluation différent des deux types de problèmes retenus. Les « problèmes complexes » ont pour objectif de vérifier dans quelle mesure l'élève est capable de résoudre des problèmes par la mobilisation raisonnée d'outils qu'il ou elle devrait maîtriser et avoir automatisés dans des situations simples. Dans une telle résolution, les objets évalués sont prioritairement les choix et la mise en œuvre de notions mathématiques. Cependant, pour que leur mobilisation puisse être évaluée, seuls les outils attendus devraient permettre d'arriver à la solution. En effet, on ne peut considérer que l'élève n'ayant pas utilisé la démarche attendue ne la maîtrise pas pour autant, il ou elle a « simplement » trouvé un autre chemin pour aboutir à la solution. Ainsi, le choix des problèmes évaluatifs n'est pas une mince affaire. Une analyse *a priori* fine de la tâche et des variables didactiques possibles est cruciale pour pouvoir déterminer le(s) objet(s) pouvant réellement être évalué(s). Afin de contourner cette difficulté, des alternatives semblent avoir été envisagées dans les évaluations cantonales externes, en particulier celle de nommer explicitement l'outil à utiliser ou la notion en jeu, voire parfois de manière implicite (à l'image de tableaux de proportionnalité fournis dans l'énoncé d'une tâche). Si un avantage certain de cette configuration consiste en la possibilité d'évaluer un outil mathématique spécifique en situation, le revers de la médaille est que l'élève n'est pas amené·e à le convoquer de manière autonome. Souvent, ces tâches correspondent toujours à des problèmes, pour autant qu'elles nécessitent le tri, la recherche, la décomposition, l'organisation et/ou la mise en relation des données (Académie de Créteil, 2018). Quant aux « problèmes atypiques », ils visent à vérifier comment l'élève entre dans une résolution de problèmes, l'enjeu se portant cette fois sur la mise en œuvre – et parfois l'adaptation – de stratégies.

CONCLUSION

En vue d'une mise à disposition de problèmes d'évaluation aux enseignant·es romand·es, à partir des tâches présentes dans les évaluations cantonales externes, nous avons élaboré une classification en nous basant sur celle proposée par Houdement (2017) pour les problèmes arithmétiques. Cette classification nous a permis d'identifier quelques indicateurs permettant de caractériser les tâches pertinentes pour l'évaluation certificative de la résolution de problèmes.

L'aspect le plus important est que la tâche doit réellement représenter un problème (et non un exercice) pour l'élève. La difficulté de proposer des problèmes dans le cadre d'une évaluation porte sur l'équilibre à trouver entre une tâche dont tous les éléments nécessaires pour la résoudre ont été travaillés et qui, en même temps, représente (toujours) effectivement une résolution de problèmes pour l'élève. Rappelons

encore une fois qu'une tâche n'est problème que considérée au regard du rapport sujet/situation et qu'arrivé au terme d'une séquence d'enseignement, beaucoup de situations ne correspondent plus à des problèmes pour l'élève mais à des exercices au regard de ce qui a été automatisé en classe.

Tant les « problèmes complexes » que les « problèmes atypiques » peuvent être utilisés en évaluation certificative, moyennant quelques précautions. Dans le premier cas, nous avons proposé que c'est la manière dont les savoirs et outils en jeu – le plus souvent à mobiliser de manière autonome – sont articulés qui permet de qualifier une tâche de problème, lequel a dès lors toute sa place en évaluation certificative. Dans le second cas, c'est la mise en œuvre d'une stratégie rencontrée en classe mais dans une situation différente qui permet l'évaluation de la résolution de problèmes, dans la mesure où l'élève est toujours amené·e à se poser des questions quant à la manière de le résoudre.

Au regard des tâches des évaluations cantonales externes analysées, nous pouvons nous demander dans quelle mesure la résolution de problèmes, largement mise en avant dans le PER, est évaluée dans les classes romandes. Par ailleurs, dès lors qu'un problème est proposé en évaluation, l'accent (lors de la correction notamment) devrait porter sur la démarche de résolution – par opposition à la seule exactitude de la réponse – dans la mesure où c'est à travers les traces laissées par l'élève qu'il devient possible d'attester des compétences développées. À ce sujet, le format de l'évaluation d'un problème peut être questionné : le support papier/crayon est-il réellement adapté à une évaluation certificative en classe, l'élève ne pouvant expliciter sa procédure et son raisonnement, alors que ceux-ci sont si importants ? Une évaluation orale, lors de laquelle l'élève serait amené·e à expliquer le choix de la notion ou procédure mise en œuvre ainsi que les étapes de son raisonnement, ne serait-elle pas plus appropriée ? Un tel dispositif représenterait-il une piste intéressante pour compléter une évaluation écrite ?

BIBLIOGRAPHIE

- Académie de Créteil. (2018). *La résolution de problèmes et la classification Vergnaud*. https://www.dsden94.ac-creteil.fr/IMG/pdf/la_typo.pdf
- Allal, L. (1991). *Vers une pratique de l'évaluation formative : matériel de formation continue des enseignants*. Bruxelles : De Boeck-Wesmael.
- Bodin, A. & Grapin, N. (2018). Un regard didactique sur les évaluations du PISA et de la TIMSS : mieux les comprendre pour mieux les exploiter. *Mesure et évaluation en éducation*, 41(1), 1-161. <https://www.erudit.org/fr/revues/mee/2018-v41-n1-mee04281/1055897ar/>
- Brun, J. (1990). La résolution de problèmes arithmétiques : Bilan et perspectives. *Math-Ecole*, 141, 2-15.
- Charnay, R. (1992). Problème ouvert, problème pour chercher. *Grand N*, 51, 77-83.
- Chanudet, M. (2019). *Étude des pratiques évaluatives des enseignants dans le cadre d'un enseignement centré sur la résolution de problèmes en mathématiques*. Thèse de doctorat : Université de Genève, 2019 <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:125833>
- Conférence Intercantonale de l'Instruction Publique de la Suisse romande et du Tessin (CIIP). (2010). *Plan d'Études Romand*. <http://www.plandetudes.ch>
- De Ketele, J. (2010). Ne pas se tromper d'évaluation. *Revue française de linguistique appliquée*, 1(1), 25-37. <https://doi.org/10.3917/rfla.151.0025>
- Demonty, I., Fagnant, A. & Dupont, V. (2015). Analyse d'un outil d'évaluation en mathématiques : entre une logique de compétences et une logique de contenu. *Mesure et évaluation en éducation*, 38 (2), 1-29. <https://doi.org/10.7202/1036761ar>
- Favier, S. & Chanudet, M. (2021). Les démarches et modes de raisonnement en jeu dans les problèmes de « recherche & stratégies » en 10H. *RMé* 235, 88-98.
- Grapin, N. & Mounier, E. (2020). Point de vue didactique sur les évaluations nationales françaises au début de la scolarité obligatoire. *RMé* 234, 22-28.
- Houdement, C. (2017). Résolution de problèmes arithmétiques à l'école. *Grand N*, 100, 59-78.
- Julo, J. (1995). *Représentation des problèmes et réussite en mathématiques : Un apport de la psychologie cognitive à l'enseignement*. Presses universitaires de Rennes.

- Monaghan, J., Pool, P., Roper, T. & Threlfall, J. (2009). Open-start mathematics problems: An approach to assessing problem solving. *Teaching Mathematics and Its Application*, 28, 21-31.
- Newell, A. & Simon, H. A. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Pochon, L.-O. (2007). *Vers un modèle formel de classification de problèmes mathématiques et son usage dans la définition de compétences mathématiques*. Neuchâtel : IRDP. (Document de travail 07.1002).
- Robert, A. & Rogalski, M. (2002). Comment peuvent varier les activités mathématiques des élèves sur des exercices ? Le double travail de l'enseignant sur les énoncés et sur la gestion en classe. *petit x*, 60, 6-25. https://irem.univ-grenoble-alpes.fr/medias/fichier/60x1_1561022749497-pdf
- Roditi, É. (2016). Les pratiques enseignantes en mathématiques d'un professeur d'école et leur évolution en dix années d'exercice. Dans B. Calmettes, M. Carnus, C. Garcia-Debanc, & A. Terrisse, (dir.), *Didactiques et formation des enseignants : Nouveaux questionnements des didactiques des disciplines sur les pratiques et la formation des enseignants*. Presses universitaires de Louvain.
- Sayac, N. & Grapin, N. (2014). Évaluer les capacités des élèves à résoudre des problèmes dans le cadre d'une évaluation externe, en France : les spécificités de la forme QCM. *Éducation et francophonie*, 42(2), 64-83. <https://doi.org/10.7202/1027906ar>
- Scallon, G. (2007). *L'évaluation des apprentissages dans une approche par compétences*. Bruxelles : De Boeck.
- Schneider, M. (2002). A propos de l'évaluation des compétences en mathématiques : Le cas de la résolution de problèmes. Dans L. Paquay, G. Carlier, L. Collès, & A.-M. Huymen (dir.), *L'évaluation des compétences chez l'apprenant*. Louvain-la-Neuve : Presses universitaires de Louvain.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. New York: Academic Press Inc.
- Scriven, M. (1967). The Methodology of Evaluation. *Social Science Education Consortium*, 110 (61), 7-14.
- Vergnaud, G., (1981). *L'enfant, la mathématique et la réalité*. Berne : Peter Lang.

LES ACTIONS DES ELEVES AVEC UN EXERCISEUR

Francine Athias

Université de Franche Comté

Les environnements numériques sont investis par les professeurs, en particulier dans des tâches d'entraînement. C'est précisément le cas de l'exerciseur en mathématiques que nous interrogeons, calcul@tice. Il s'agit désormais d'un site d'entraînement au calcul mental. L'usage de ces environnements numériques et de leurs supports (ordinateurs portables ou tablettes) se développe du fait de leur mobilité, de leurs applications engageantes, tant du point de vue des élèves que des professeurs. La plupart du temps, les élèves sont seuls, développant ainsi des niveaux de mise en fonctionnement des connaissances. Ce qu'ils font à ces moments reste caché des professeurs. Nous rendons compte de ces niveaux et de la mobilisation de savoirs déjà connus dans ce contexte. En appui sur ces résultats, nous voulons engager de nouveaux usages en classe d'un tel exerciceur, pour permettre aux élèves d'automatiser de nouvelles stratégies.

Mots-clés : exerciceur, autonomie, contrat-milieu, calcul mental.

INTRODUCTION

De nombreuses écoles primaires (en France et en Suisse) sont désormais équipées de différents supports numériques, tablettes, ordinateurs, ordinateurs portables, tableau interactif. Diverses utilisations sont répertoriées. Ainsi des sites institutionnels (en France, Eduscol) exposent des rapports sur l'équipement d'écoles avec des tablettes¹ : le rapport d'utilisation des tablettes numériques dans les établissements primaires et secondaires de l'académie de Créteil (Villemontaix & Khaneboubi, 2012) montre que les professeurs et les élèves sont plutôt favorables à l'utilisation de ce support mobile. Mais en même temps, les auteurs signalent une difficulté à rendre compte des apprentissages des élèves. D'autres sites institutionnels (Canopé) rapportent l'utilisation des tablettes à travers les propos des élèves et du professeur². Par exemple, un professeur raconte l'expérience avec ses limites. Le contexte institutionnel favorise et encourage vivement le numérique. En Suisse romande, le PER inclut un volet dédié à l'éducation du numérique³. Ifenthaler et Schweinbenz (2013) rapportent que l'intégration des outils numériques mobiles pourrait favoriser les apprentissages, si les professeurs acceptent leur intégration dans leur projet d'enseignement, et en développent des usages. Bernard, Boulc'h et Arganini (2013) se sont intéressés à l'évolution de l'autonomie, à la collaboration entre les élèves et à l'usage de la technologie. Ils notent une intégration progressive par les élèves des fonctionnalités diverses des tablettes. On peut toutefois relever que la question de l'apport du numérique à des apprentissages spécifiques est peu posée dans ces divers rapports.

En résumé, les usages de la technologie se sont développés dans la société à tous les niveaux, les supports technologiques sont accessibles partout et à tout moment, et leur convivialité favorise l'adhésion des élèves. Il reste à approfondir comment les technologies peuvent permettre de mieux apprendre et de mieux enseigner des savoirs spécifiques, cette question étant considérée respectivement du point de vue de l'élève et du côté du professeur.

¹ <https://eduscol.education.fr/educnet/numerique/dossier/apprendre/tablette-tactile/usages-pedagogiques>

² <https://canope.ac-besancon.fr/blog/utilisation-de-tablettes-tactiles-au-cm2/>

³ <https://www.vd.ch/toutes-les-autorites/departements/departement-de-lenseignement-et-de-la-formation-professionnelle-def/secretariat-general-du-departement-de-lenseignement-et-de-la-formation-professionnelle-sg-def/rentree-scolaire-2021-2022/leducation-numerique/le-cadre-romand-de-leducation-numerique-est-pose>

Concernant le professeur, un développement de sa capacité à produire des situations favorisant les interactions entre élèves, intégrant du numérique semble indispensable pour permettre des changements de posture et répondre ainsi aux enjeux exprimés par les institutions (Vuillemonaix & al., 2015). Du côté des élèves, Karsenti (2015) s'interroge sur l'étude d'une meilleure préparation des élèves dans l'usage des tablettes en contexte scolaire.

Par ailleurs, le tutorat entre pairs constitue une des approches pédagogiques dont l'efficacité a été démontrée (Slavin & Lake, 2008). Plusieurs études montrent l'influence bénéfique des interactions dans des dyades d'élèves, tout en soulignant l'importance de conditions spécifiques (Baudrit, 2000 ; Sandron & Fagnant, 2017).

Enfin, dans le domaine des mathématiques, Bueno-Ravel et Gueudet (2013) se sont intéressés aux usages des « banques d'exercices en ligne » chez les enseignants de mathématiques. Elles ont précisé qu'une telle banque n'est jamais mobilisée de manière isolée. Pour considérer l'activité des professeurs, il est nécessaire de rendre compte de toutes leurs ressources. Par ailleurs, Abboud et Rogalski (2017) montrent comment l'enseignant peut se retrouver dans des situations de tension dans un environnement numérique. Elles étudient la gestion de l'incertitude accentuée par l'utilisation de technologie (tableur, géométrie dynamique). Ces études se placent plutôt du côté du professeur, même si elles prennent en compte l'activité de l'élève. Dans cet article, nous avons fait le choix de nous placer du point de vue de l'élève, dans des situations organisées par le professeur dans un environnement numérique, en considérant le savoir visé. Plus précisément, nous nous intéressons aux actions des élèves de l'école primaire (élèves de 6 à 10 ans), dans un environnement numérique, au cours de l'usage d'un exerciceur de mathématiques, Calcul@tice⁴.

Dans le cadre de cet article, nous cherchons à documenter les usages des élèves d'un tel environnement numérique, d'un point de vue didactique, spécifiquement ici en mathématiques.

Dans une première partie, nous expliciterons les éléments théoriques et méthodologiques qui nous permettent de rendre compte de l'action des élèves en classe. Dans une deuxième partie, nous décrirons et analyserons trois activités au sein de trois classes. Dans une troisième et dernière partie, nous engagerons une discussion conclusive.

ÉLÉMENTS THÉORIQUES ET MÉTHODOLOGIQUES

Dialectique contrat/milieu

Le professeur choisit des exercices particuliers dans l'environnement numérique. Lorsque l'élève est seul, il est confronté à ces exercices présentés sous différentes formes (images, textes, films) et aux rétroactions de l'exerciceur. Nous utiliserons la notion de milieu (Brousseau, 1998 ; Sensevy, 2011) pour en rendre compte (CDpE, 2019). Dans ce milieu, l'élève est confronté à différents éléments, au départ ils sont épars et peu signifiants. L'élève ne sait pas faire immédiatement. Pour agir dans ce milieu, l'élève sait déjà certaines choses, un ensemble de déjà-là, qui renvoie à des connaissances et des habitudes. Nous modélisons ces éléments par la notion de contrat didactique (Brousseau, 1998 ; Sensevy, 2011 ; CDpE, 2019). De plus, l'élève met en œuvre un certain système de règles d'usage, qui sont nées des répétitions de la pratique, en particulier, un système d'attentes. Par exemple, dans l'environnement numérique, l'élève s'attend à ce que le professeur lui fasse rencontrer des exercices, qui ont une solution. Il s'attend également à pouvoir agir dans le milieu. Même s'il n'a jamais réfléchi à un tel exercice, la lecture de l'énoncé est accessible.

⁴ <https://calculatice.ac-lille.fr/>

Exerciseur et autonomie des élèves

Nous nous inscrivons dans une vision selon laquelle le développement de l'autonomie est en lien avec ce qui est à apprendre ou réinvestir et la situation proposée par le professeur. L'autonomie que nous considérons est donc liée à des savoirs, pour nous ici des savoirs mathématiques. Robert (1998) définit des niveaux de mise en fonctionnement des connaissances qui peuvent être rapprochés d'un développement de l'autonomie dans la mobilisation de savoir déjà connu des élèves. Robert considère ainsi trois niveaux : technique, mobilisable et disponible. Nous allons les préciser et les adapter au niveau d'étude de notre recherche. Le niveau technique correspond « à des mises en fonctionnement indiquées, isolées, mettant en jeu des applications immédiates de théorèmes, propriétés, définitions ou formules. Il s'agit donc de contextualisations simples, locales, sans étapes, sans travail préliminaire de reconnaissance, sans adaptations » (Robert, 1998, p. 165). Dans notre contexte d'étude, le niveau technique correspond à des activités dans l'exerciseur demandant de calculer explicitement (par exemple $7+8$). Le niveau « mobilisable » correspond à des mises en fonctionnement plus larges : encore indiquées, mais dépassant l'application simple d'une propriété à la fois. Ce peut être par exemple parce qu'il faut adapter ses connaissances pour appliquer le théorème adéquat, ou changer de point de vue ou de cadre (Robert, 1998, p. 166). Dans le contexte de notre étude, ce niveau peut correspondre à des activités dans l'exerciseur demandant de faire appel à la division euclidienne sans que le terme de division n'apparaisse dans l'exercice. Enfin, le niveau « disponible » « correspond au fait de savoir résoudre ce qui est proposé sans indications, d'aller chercher soi-même dans ses connaissances ce qui peut intervenir » (Robert, 1998, p. 166). Dans le contexte de notre étude, ce niveau pourrait correspondre par exemple à un problème de recherche. Cependant, l'exerciseur est un lieu d'entraînement par des exercices. Nous ne rencontrons pas ce niveau dans le cadre de notre étude.

Ces éléments de la littérature nous amènent à envisager pour l'analyse, la distinction théorique suivante : le développement de l'autonomie est en lien avec le niveau de mobilisation des savoirs déjà appris. Dans le cadre des usages d'un exerciseur, nous allons utiliser deux niveaux, le niveau technique et le niveau mobilisable. Les apports théoriques nous permettent de reformuler ainsi notre question de recherche : le milieu d'un exerciseur favorise-t-il la mobilisation de connaissances des élèves ?

Méthode de recueil des données

Pour tenter de répondre à notre question, nous avons rencontré différents professeurs. Nous avons mené des entretiens pour connaître leurs usages d'un tel exerciseur. Quelques séances de classe ont été filmées et transcrites. Nous avons filmé des écrans d'élèves (trois ou quatre) au cours de ces séances. Dans le cadre de cet article, nous rapprochons les données de trois classes, qui utilisent le même exerciseur en mathématiques calcul@tice (Carole, CE1 ou 4H, France, CM2 ou 7H, Sandrine, CE1 ou 4H (la classe compte des élèves de CE2 ou 5H également)). Tel que décrit par ses auteurs, l'exerciseur est conçu comme un site d'entraînement pour les élèves au calcul mental. Il est précisé que le site est construit pour offrir aux enseignants des activités en renforcement des apprentissages travaillées dans les classes.

SITUATIONS DE CLASSE

Conditions d'usage de l'exerciseur

Les conditions de l'usage de l'exerciseur sont différentes dans chaque classe. La classe de CE1 (4H) utilise l'exerciseur une fois tous les quinze jours, sur ordinateurs, dans la salle dédiée. Les élèves sont en binôme et ont en général trois exercices à faire, choisis par la professeure. La professeure se déplace de binôme en binôme, selon les besoins. La classe de CM2 (7H) utilise l'exerciseur tous les vendredis matin : chaque élève doit faire un travail écrit sur le cahier et une série de trois exercices de l'exerciseur, choisis par la professeure. L'élève s'organise comme il veut en fonction des ordinateurs libres dans la classe. Dix ordinateurs portables sont installés dans la classe. Le travail écrit sur le cahier permet aux élèves de faire le point de leurs connaissances acquises dans la semaine. La professeure est disponible uniquement avec ces élèves pour les soutenir. La classe de CE1/CE2 utilise l'exerciseur une fois tous les quinze jours environ.

Les élèves de CE2 (5H) ont une série de trois exercices de l'exerciseur à résoudre en autonomie, la professeure étant avec les CE1 (4H). La professeure n'est donc pas disponible pour les élèves de CE2, qui utilisent l'exerciseur. Les élèves utilisent des tablettes. Ces différentes organisations sont présentées sous forme de tableau (Fig. 1).

Niveaux	CE1 (4H)	CM2 (7H)	CE2 (5H)
Moyens techniques	ordinateurs fixes	ordinateurs portables	tablettes
Lieu	salle dédiée	salle de classe	salle de classe
Durées approximatives	20 minutes	25 minutes (parmi 3 heures)	25 minutes
Fréquences	2 fois par mois	4 fois par mois	2 fois par mois
Exercices	choisis par la professeure	choisis par la professeure	choisis par la professeure
Présentation des exercices	non	oui	oui
Modalité	binôme	Individuel/ aide entre pairs	Individuel/ Pas d'échange
Professeur	Disponible (se déplace de binôme en binôme, à la demande)	non disponible	non disponible (elle est avec les CE1)
Collaboration entre pairs	non	organisée	non

Fig. 1 : Organisation des classes observées

Un regard rapide sur ces trois classes montre que les professeures utilisent l'exerciseur régulièrement. Dans ce qui suit, nous faisons l'hypothèse que le moyen utilisé (tablette ou ordinateur) n'a pas d'influence sur les prises en main de l'exerciseur par les élèves, par exemple le rôle de la tablette ou de l'ordinateur pour valider un nombre ou l'écrire n'est pas interrogé.

Une première analyse de ce tableau montre que les professeures utilisent l'environnement numérique dans des conditions proches. L'exerciseur permet de dégager du temps à la professeure pour qu'elle puisse être disponible pour certains élèves. De plus cet usage est régulier. Les trois professeures nous confirment cet usage dans les entretiens. France en CM2 (7H), explique qu'elle ne souhaite pas intervenir auprès des élèves qui utilisent l'exerciseur parce qu'elle est occupée avec des élèves pour les aider à surmonter des difficultés rencontrées. Sandrine en CE1-CE2 (4H, 5H) rapporte le fait qu'elle a besoin de moments spécifiques avec les seuls CE1 (4H). Carole rapporte que, même si elle se déplace à la demande, les élèves travaillent beaucoup seuls.

Trois activités

Nous allons nous intéresser maintenant à l'environnement numérique. Pour chacune des classes, nous analysons une activité.

Niveau	CE1 (4H)	CM2 (7H)	CE2 (5H)
Activité	Calcul@kart	Le château fort	Le rectangle
Opérations	addition	division euclidienne	multiplication
Aide	Professeure (par moments)	un autre élève	aucune

Fig. 2 : Activités observées

LA CLASSE CE1 (4H) ET CALCUL@KART

Description

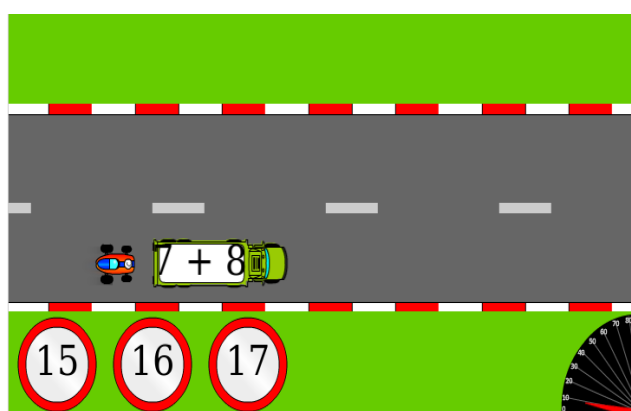


Fig. 3 : Un calcul

Calcul@kart⁵ propose d'additionner deux nombres entiers. Une opération en ligne est affichée sur la remorque du camion (par exemple $7+8$, Fig. 3). Le logiciel propose trois nombres, placé sous la route (au niveau de la bande d'arrêt d'urgence, ici 15, 16, 17). Pour répondre, il faut cliquer sur un des nombres proposés. En cas de bonne réponse, le kart va doubler le camion et le compte-tours en bas à droite de l'affichage va augmenter. En cas de mauvaise réponse ou de temps de réponse trop long, le logiciel va afficher la bonne réponse et le kart va percuter le camion.

Pour répondre aux questions, différentes stratégies sont envisageables : surcompter à partir du premier nombre, surcompter à partir du nombre le plus grand, faire appel à un résultat mémorisé, prendre appui sur les doubles ou les presque double (par exemple $7+8$), utiliser les compléments à 10 ($6 + 4$), organiser des décompositions-recompositions des nombres ($16 + 5 = 10 + 6 + 4 + 1 = 10 + 10 + 1$),

Analyse

Dans Calcul@kart, il s'agit de calculer une somme. La professeure nous explique que les calculs de cet exercice sont accessibles à ses élèves. Autrement dit, lorsque l'élève est confronté à l'environnement numérique, ses habitudes de calcul et ses habitudes de l'environnement numérique doivent lui permettre d'agir adéquatement, sans l'intervention de la professeure. Nous pouvons dire que nous sommes dans un niveau « technique » de mise en fonctionnement des connaissances (Robert, 1998). Il s'agit donc d'une contextualisation simple, locale et sans étapes.

⁵Voir la page d'exercices : <https://calculatice.ac-lille.fr/exercices/>

LA CLASSE DE CM2 (7H) ET LE CHÂTEAU FORT⁶

Description

L'exercice se présente sous forme d'une petite histoire imagée. Une porte de château fort doit être obstruée grâce à des morceaux de bois de deux longueurs, 1m et un autre nombre de mètres. La longueur de la porte est affichée. Il est demandé à l'élève « Écris le nombre de blocs de chaque taille. Utilise le moins de blocs possible ». Par exemple, la longueur de la porte est de 62 m (Fig. 4). L'élève doit compléter

■ 8m x □ ■ 1m x □ ?

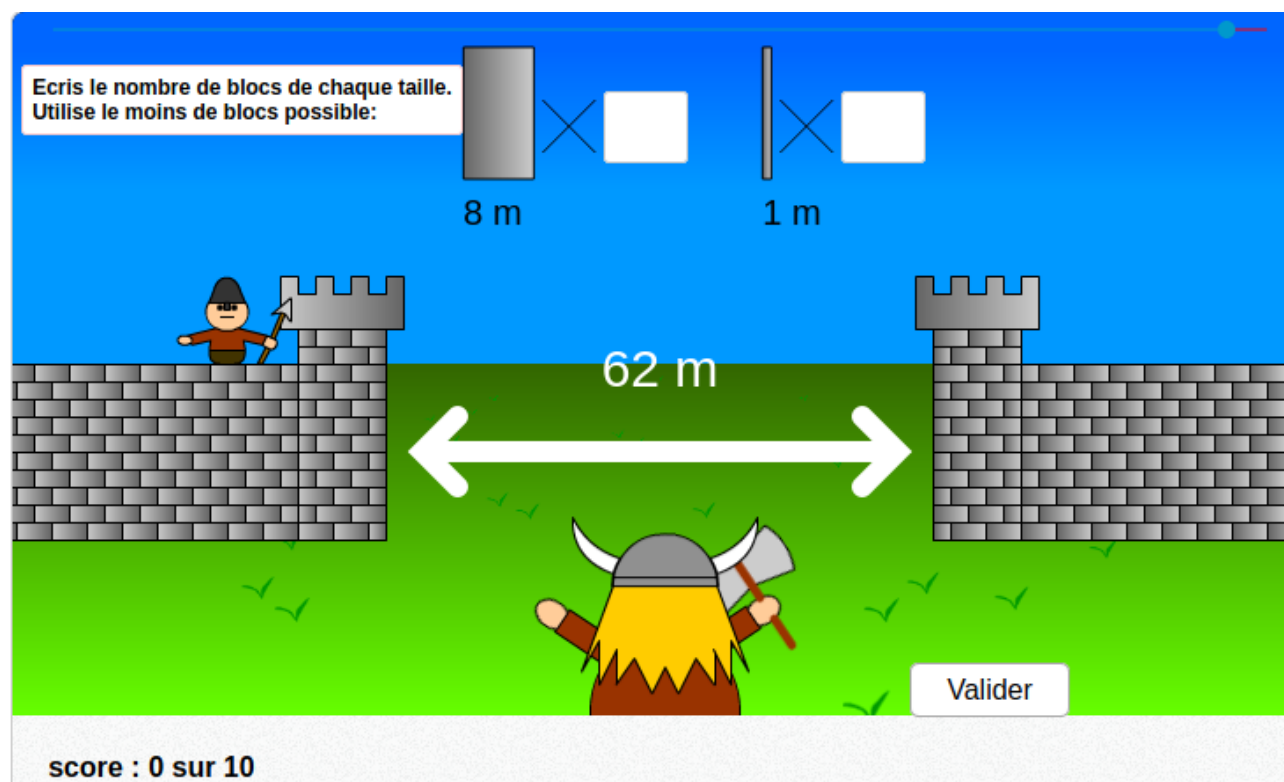


Fig. 4 : Un exemple

Si la réponse est juste, les blocs se placent devant la porte et l'obstruent. L'« ennemi » se cogne à la porte et tombe, un message de félicitations s'affiche. Si la réponse est fausse, un message propose une explication : « Attention ! Il n'y a pas assez de place pour ces blocs » lorsque la somme est supérieure à la longueur de la porte ou « Attention ! Il n'y a pas assez de blocs » dans le cas contraire. Un deuxième essai est proposé. S'il est faux, l'« ennemi » se glisse par la porte. Les blocs ainsi proposés se mettent sur la porte suivant le nombre de blocs choisis. Puis les blocs attendus en nombre adéquat permettent d'obstruer la porte. Les nombres de blocs attendus s'affichent alors en rouge. Un message indique à l'élève de regarder la correction, avant de passer à la suite.

Dans cet exercice, il s'agit de reconnaître la division euclidienne avec une expression $a = b \times q + r$. Le dividende a est représenté par la longueur de la porte. La grande barre ■ représente le diviseur b . L'expression affichée ■ x □ ? ■ x □ ? doit donc être vue comme ■ x $q + r$. Nous notons qu'il est inhabituel d'avoir le reste, multiplié par 1. De plus, la contrainte dans le texte « Utilise le moins de blocs possible » doit être reconnue comme $r < \blacksquare$ (ou $r < b$). Le dividende (a) n'est pas nécessairement un multiple du diviseur (b). Différentes stratégies des élèves sont envisageables. Ils peuvent réciter la table de multiplication (dans l'exemple, $1 \times 8, 8$; $2 \times 8, 16$; ... $7 \times 8, 56$; $8 \times 8, 64$) : ils encadrent ainsi le dividende par deux multiples du

⁶Cet exercice n'est plus disponible dans la version actuelle du site.

diviseur. Cette manière de faire est assez habituelle en classe. Les élèves choisissent le nombre inférieur le plus proche ($56 < 62$ avec en mémoire 8×7). Puis ils calculent la différence entre le nombre donné et le résultat de la table ($7 \times 8 = 56$; Il faut 6 pour aller à 62 : $56 + ? = 62$). Ils peuvent également faire des essais pour s'approcher du nombre en estimant l'ordre de grandeur ($6 \times 8 = 48$; $7 \times 8 = 56$). Ils peuvent alors conclure comme précédemment.

Analyse

Dans l'activité du château fort, il s'agit d'écrire une égalité en lien avec l'encadrement des multiples successifs du diviseur et la division euclidienne. La professeure nous explique qu'elle et ses élèves travaillent cette notion. Ils sont en train de faire des calculs de division ainsi que des problèmes. L'analyse des savoirs nous montre que, si l'activité est en lien avec les multiples et la division, il est nécessaire pour l'élève de le voir. Autrement dit, lorsque l'élève est confronté au milieu de l'environnement numérique, il doit s'appuyer sur ses connaissances. Nous pouvons dire que, quand l'élève découvre cet exercice, nous sommes dans un niveau « mobilisable » de mise en fonctionnement des connaissances où ces dernières dépassent l'application simple d'une propriété (Robert, 1998).

LE CE2(5H) ET LE RECTANGLE

Description

Dans l'exercice « le rectangle⁷ », le premier exercice se présente de la manière suivante : une grille de 12x12 carreaux s'affiche. Le carré en haut à gauche est surligné en bleu. Un point rouge se situe en bas à droite de ce carré. L'énoncé est présent : « Déplace le point pour avoir un rectangle de 10 petits carreaux » (le nombre, ici 10, change à chaque fois (cf. fig 5)).

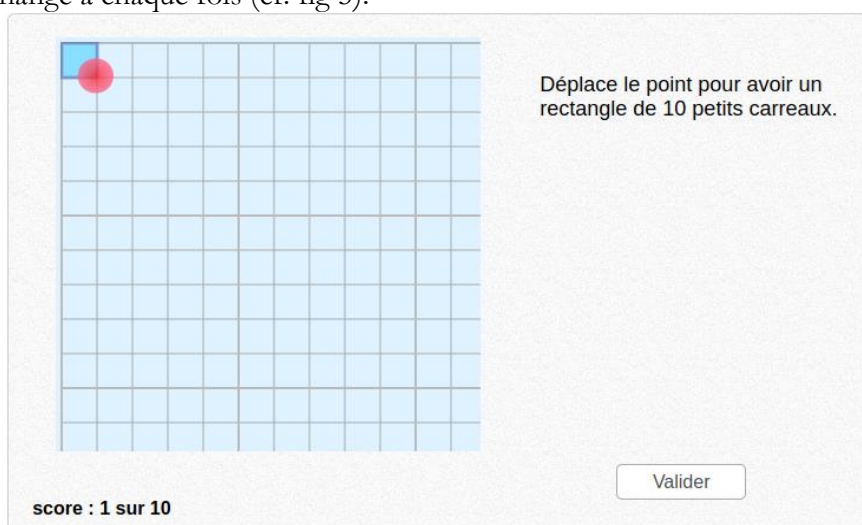


Fig. 5 : Un calcul

Il s'agit de déplacer le point rouge vers la droite et/ou vers le bas de manière à ce que le nombre de carrés demandés (ici 10) soit atteint. Différentes manières sont acceptées (1 ligne de 10 cases, 1 colonne de 10 cases, 2 lignes de 5 cases, 5 lignes de 2 cases). Si l'élève se trompe, il peut faire un nouvel essai. S'il se trompe une deuxième fois, le logiciel construit le rectangle, en appui sur les tables de 2 à 9.

Dans cette situation, il s'agit de décomposer le nombre comme un produit de deux facteurs entiers. Autrement dit, il ne suffit pas de connaître des résultats mémorisés organisés (la table de multiplication du 3, du 4...). Il faut retrouver une décomposition multiplicative, par exemple voir dans 21, 3 fois un nombre entier (ou 7 fois un nombre entier). Différentes stratégies sont envisageables. Une stratégie experte consiste à savoir retrouver le nombre à partir des résultats mémorisés connus. Par exemple, 10, c'est 2×5 donc

⁷Voir la page d'exercices : <https://calculatice.ac-lille.fr/exercices/>

l'élève trace deux colonnes de 5 cases ou deux lignes de 5 cases. L'élève peut aussi placer le nombre dans une table connue, par exemple 27 est dans la table du 3, et les résultats plus ou moins mémorisés et organisés permettent de déterminer 9. L'élève peut aussi envisager un des facteurs (par exemple placer 3 colonnes), puis ajuster le bouton rouge en dénombrant petit à petit les cases dessinées.

Analyse

Dans l'exercice du rectangle, il s'agit de voir un nombre comme un nombre-rectangle, c'est-à-dire voir un nombre entier comme le produit de deux nombres entiers. La professeure nous explique qu'elle et ses élèves travaillent la multiplication, vue comme addition itérée. Précisons cela. Écrire 2×5 signifie que l'on prend deux fois le nombre 5, soit $5 + 5$. Les élèves et la professeure sont en train de faire des calculs de produits, de transformer des additions itérées en multiplications et inversement. Autrement dit, lorsque l'élève est confronté au milieu de l'environnement numérique, il doit s'appuyer sur ses connaissances nouvelles (ce qu'est la multiplication) et il doit traduire ce qu'il connaît pour pouvoir tracer le rectangle. Nous pouvons dire que, quand l'élève découvre cet exercice, nous sommes dans un niveau « mobilisable » de mise en fonctionnement des connaissances où ces dernières dépassent l'application simple d'une propriété (Robert, 1998). Cela nécessite pour l'élève d'aller chercher lui-même dans ses connaissances ce qui peut intervenir.

Quelques élèves : analyses

EN CE1 (4H)

Dans la classe de CE1 (4H), nous n'avons filmé que deux élèves. Ces deux élèves effectuent de nombreux calculs (72 calculs). Ils s'engagent, ils connaissent les règles : il faut sélectionner un nombre, sinon un « accident » se produit. Les élèves savent ce que signifie le calcul additif proposé $6+7$. Ils savent également regarder où s'affiche le calcul et comment valider un des nombres affichés (connaissances instrumentales). Le problème qu'ils ont à résoudre est de choisir un nombre parmi trois. Comme nous l'avons vu dans l'analyse de cet exercice, à chaque calcul, si la somme n'est pas mémorisée, il est nécessaire de déterminer la somme. Les stratégies pour ces calculs ne sont pas imposées par le programme. Ce qui est attendu, c'est de trouver le nombre, dans le temps imparti. Les élèves utilisent une seule stratégie, surcompter en appui sur les doigts. Ils réussissent plutôt bien. Les rétroactions de l'environnement numérique les renforcent dans cette stratégie plutôt gagnante. Mais elles ne permettent pas de développer d'autres stratégies (même si elles sont travaillées en classe).

EN CM2 (7H)

Pour cette classe, nous allons retenir deux cas d'élèves. Le premier, Marc, va tenter plusieurs fois de répondre. À chaque fois il se trompe et le sait. Les rétroactions de l'exerciceur sont claires. Il sait s'il a juste ou non. Après 20 minutes, il quitte l'ordinateur. La deuxième élève, Valentine, est comme Marc au début. Elle n'y arrive pas. Très rapidement (au bout de 1 minute 35), la professeure demande à Valentine si elle souhaite de l'aide « Valentine, tu as besoin d'un coup de main ? ». Pourtant, la professeure n'est pas à côté d'elle, elle est avec des élèves qui travaillent sur leur cahier. Valentine accepte volontiers « Euh oui je crois ». Rémi propose de l'aider. Valentine et Rémi sont désormais ensemble (50 avec 8 et 1, Fig. 6).

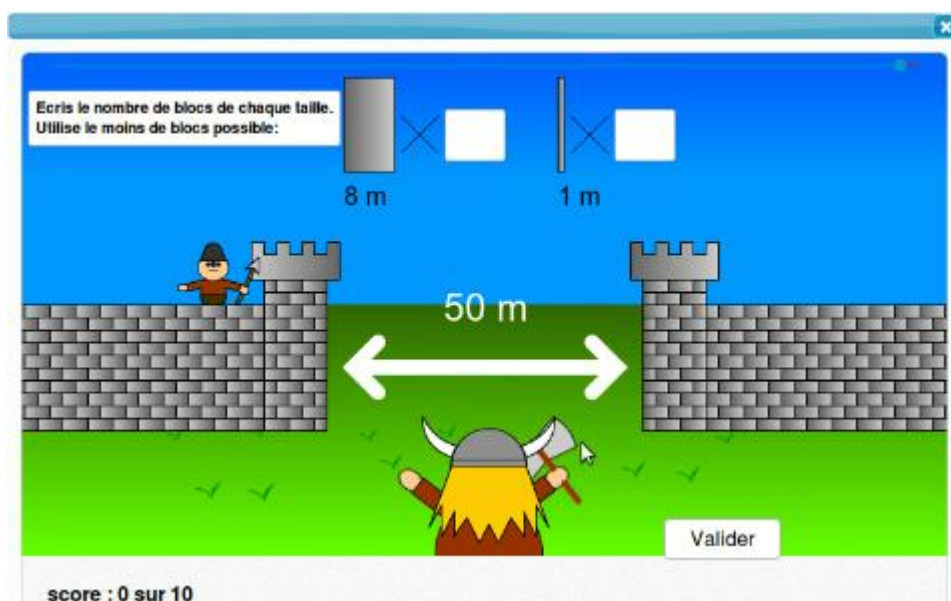


Fig. 6 : Un nouveau calcul

Rémi pose de nombreuses questions successives permettant à Valentine d'agir adéquatement : « sur 50 mètres. Combien de fois 8 pour faire 50 ? » ; « 8 fois 5 ? ». Rémi continue en proposant le calcul suivant dans la table de 8 « 8 fois 6 ? ». Rémi demande si on peut aller plus loin « à partir de 48, est-ce que tu peux aller plus loin que 50 en multipliant par 8 ? ».

Analysons ce moment. La professeure a déclaré qu'elle utilisait calcul@tice pour qu'elle puisse avoir du temps pour pouvoir travailler avec certains élèves. Elle explique qu'elle n'intervient pas. Par contre, elle insiste sur l'entraide entre les élèves. La traduction du problème par Rémi permet à Valentine d'agir adéquatement. Au départ, l'élève est confronté à différents éléments, épars et peu signifiants. Il ne sait pas faire immédiatement. Il propose des nombres comme réponse. Les rétroactions de l'exerciseur lui permettent de voir qu'il n'a pas la bonne réponse. Mais elles ne lui permettent pas d'agir adéquatement. Nous ne savons pas quelles sont les connaissances mobilisées. Lorsque les échanges ont lieu entre les deux élèves (Rémi et Valentine), il en est tout autrement. Le tuteur oriente l'attention de l'élève sur le savoir à mettre en œuvre, en proposant d'approcher les multiples successifs du diviseur. Comme le développement de l'autonomie des élèves est en lien avec le niveau de mobilisation des savoirs déjà appris, nous pouvons voir ici le niveau « mobilisable » des connaissances du tuteur engager l'élève tuteuré vers un niveau « technique » de connaissances. Ces mobilisations des connaissances ne sont pas visibles par la professeure.

EN CE2 (5H)

Dans cette classe, nous allons regarder un élève, Léo. Le premier nombre demandé est 4. Il écarte délicatement le doigt sur l'écran pour tracer un rectangle, représentant le nombre-rectangle 2x2. Ce premier calcul nous permet de voir qu'il sait utiliser la tablette (écarter les doigts, valider). Le deuxième nombre demandé est 21. Il agit de la même manière, en étirant sur le point rouge (2 colonnes de 10). Cette fois, il dénombre toutes les cases, en les pointant une à une de haut en bas. Comme le nombre obtenu (20) ne convient pas, il agrandit le rectangle d'une ligne (et donc de deux cases) et valide sans recompter. Le résultat est faux. Il ne parvient pas à faire les autres calculs.

Autrement dit, l'élève sait comment il doit utiliser la tablette dans l'exercice : en écartant le point rouge, il doit représenter un nombre par un rectangle sur un quadrillage (on le voit avec le nombre 4). Pour chaque nombre demandé, il peut s'appuyer sur ce qu'il connaît déjà : les tables de multiplication, les nombres-rectangles déjà travaillés, la multiplication vue comme une addition itérée, les habitudes en classe de mathématiques. Ces habitudes et ces connaissances modélisées par la notion de contrat didactique sont mises en défaut dans l'exercice, ici représenter 21 par un rectangle. Cependant, l'élève ne parvient pas à la décomposition du nombre attendue. Les rétroactions de l'exerciseur ne lui permettent pas d'agir adéquatement. À ce moment-là, personne n'intervient pour qu'il en soit autrement.

Synthèse

Les trois exercices, calcul@kart, le château fort et le rectangle, ont été proposés par les différents professeurs dans un contexte de réinvestissement, de l'addition (CE1, 4H), de la multiplication (CE2, 5H) et de la division (CM2, 7H). Les faits numériques ne se présentent pas de la même manière. Dans calcul@kart, les calculs sont demandés dans le sens de l'attente du résultat d'une opération : que vaut $6+7$? Le niveau de mise en fonctionnement des connaissances est technique (Robert, 1998). Dans le rectangle et dans le château fort, les calculs attendus sont inhabituels dans la classe. Pour le nombre rectangle, il faut déterminer les deux facteurs dont le résultat est donné : par exemple 20 est le résultat d'une multiplication, de quelle multiplication s'agit-il ? Dans le château fort, il faut déterminer le multiple le plus proche tout en étant inférieur à un nombre donné dans une table donnée : quel est le multiple de 5 le plus proche de 29 tout en étant inférieur à 29 ? Le niveau de mise en fonctionnement des connaissances est mobilisable (Robert, 1998) Dans le premier cas, les élèves peuvent s'engager facilement. Dans le second cas, il en est tout autrement (Léo, Marc et Valentine).

DISCUSSION-CONCLUSION

Notre étude comparative confirme les travaux concernant l'intérêt des élèves dans des environnements numériques (Karsenti & Fiévet, 2013). L'animation des activités séduit les élèves : ils jouent volontiers. Dans le même temps, notre étude montre les limites d'un tel exerciceur. Il s'agit d'exercices d'entraînement au calcul mental. Cela sous-entend que ces exercices peuvent être résolus en appui sur des stratégies déjà vues en classe. Dans les différents cas présentés, la plupart des élèves ont passé un agréable moment, semble-t-il. Cependant, nous n'avons pas pu mettre en évidence d'évolutions dans les usages des stratégies déjà connues. Les rétroactions de l'environnement numérique ne semblent pas permettre cette évolution. Par ailleurs, nous avons mis en évidence à travers cette étude de cas une limite de cet exerciceur, lorsque l'élève n'a pas pu mettre en œuvre les stratégies déjà vues en classe ou s'il n'établit pas de lien avec les stratégies utilisées en papier-crayon et avec l'exerciceur. Faut-il donc les priver de ces moments, puisque le gain pour les entraînements semble assez faible ? Ou alors peut-on continuer, malgré tout ? Le risque pourrait être aussi d'un désintérêt, la nouveauté amusante étant passée (Amadiou & Tricot, 2014). Le milieu incluant un exerciceur favorise-t-il la mobilisation de connaissances des élèves ? Notre étude donne à voir quelques pistes intéressantes. Dans la classe de CM2 (7H), la professeure a décidé de ne pas être disponible. Elle a organisé un tutorat entre pairs. Ainsi, lorsque Valentine rencontre une difficulté face à la nature de l'exercice, dans une situation d'autonomie, un élève (Rémi) est capable de transformer les questions de l'exercice proposé dans l'environnement numérique en une question mathématique (« en 29 combien de fois 5 ? »). Il permet ainsi à sa camarade (Valentine) d'aller jusqu'au bout des exercices. Le niveau de fonctionnement des connaissances rend ainsi compte d'un développement de l'autonomie. Mais comment l'élève devient tuteur ? (Sandron & Fagnant, 2017). Quelles pourraient être les actions des professeurs pour les engager dans cette voie ?

Le deuxième point porte sur l'évolution éventuelle des stratégies des élèves dans l'environnement numérique. Le temps est une variable importante pour l'automatisation des stratégies pour le calcul mental. Par exemple, dans [Calcul@kart](#), les élèves rencontrent des sommes. Comme nous l'avons vu, ils peuvent utiliser des stratégies déjà vues et ils réussissent plutôt bien. Ils apprennent à surcompter de plus en plus vite. En effet, un des intérêts de cet exerciceur est le temps qui est une variable importante pour l'automatisation de stratégies de calcul mental. Cette variable sur le temps ne modifie pas leurs stratégies.

Quelles pourraient être les actions des professeurs pour les conduire à les faire évoluer ? Lorsque la professeure n'est pas disponible (du fait du double niveau en CE1/CE2 (4H/5H)) ou parce qu'elle est avec d'autres élèves), nous avons décrit deux élèves (Léo et Marc) qui se lassent rapidement. Léo ne sait pas comment agir et le traduit par un « je ne comprends pas ».

Le milieu ne permet pas à tous les élèves d'agir adéquatement. Mais comment les professeurs peuvent-ils se rendre compte de cette impuissance d'agir, lorsqu'ils ne sont pas là ? Même lorsqu'ils sont là, ils peuvent

se trouver dans des situations de tension (Abboud & Rogalski, 2017). Par exemple, comment aider Valentine ?

Cette étude comparative permet de pointer des questions intéressantes. Les rétroactions de cet environnement numérique particulier sont insuffisantes pour permettre à l'élève d'agir de son propre mouvement. Les professeurs n'utilisent pas les exercices de manière isolée (Bueno-Ravel & Gueudet, 2013).

Nous précisons que, dans le cadre de notre étude, les professeurs n'utilisent pas toutes les fonctionnalités de l'exerciseur. En effet [Calcul@tice](#) permet aux professeurs d'avoir accès aux résultats des élèves et de personnaliser les parcours d'exercices à proposer aux élèves (dans l'application Concevoir des séances ou des parcours : *Préparer une séance à destination des élèves à partir de la bibliothèque d'exercices en y ajoutant si besoin des vidéos*).

Un tel usage peut probablement apporter quelques éléments de réponse. En faisant le choix d'observer les élèves, nous montrons que des actions des élèves échappent aux professeurs (l'aide apportée par Rémi, les manières d'agir de Léo, les deux élèves qui calculent sur leurs doigts). Ces actions échapperaient à l'usage du parcours d'exercices. Pourtant, elles pourraient être des signes, que les professeurs pourraient interpréter, avant et après les usages d'un tel environnement numérique, sachant que le moment des usages est fait en dehors de la présence des professeurs. Nous envisageons de continuer à documenter ces moments hors de la présence des professeurs et de les partager avec eux. C'est le choix que nous avons fait à la suite de cette étude comparative. Nous, chercheurs, travaillons avec des professeurs, des formateurs dans le cadre d'une ingénierie coopérative (Sensevy *et al.*, 2013 ; Sensevy, 2016 ; Sensevy & Bloor, 2019). Notre but est de documenter ce qui se passe dans ces instants hors de la présence des professeurs et de les partager dans le collectif. Cette coopération devrait nous permettre d'élaborer des orchestrations nouvelles (Trouche, 2011 ; Gueudet, Bueno-Ravel & Poisard, 2014), incluant des usages de l'exerciseur (qui engagent les élèves) et des moments de travail dans l'environnement papier-crayon pour permettre aux élèves de travailler de nouvelles stratégies (Athias *et al.*, 2022).

BIBLIOGRAPHIE

- Abboud, M. & Rogalski, J. (2017). Des outils conceptuels pour analyser l'activité de l'enseignant ordinaire utilisant des technologies en classe. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 37(2-3), 161-216.
- Amadiou, F. & Tricot, A. (2014). *Apprendre avec le numérique, Mythes et réalités*. Édition Retz.
- Athias, F., Vaterkowski, A-L., Ochem, A. et Joly, S. (2022). Des ressources en ligne pour l'école primaire. *MathémaTICE* N° 82.
- Baudrit, A. (2000). Le tutorat : un enjeu pour une pratique pédagogique devenue objet scientifique ? *Revue française de pédagogie*, 132, 125-153.
- Bernard, F-X., Boulc'h, L. & Arganini, G. (2013). Utilisation de tablettes numériques à l'école. Une analyse du processus d'appropriation pour l'apprentissage. *Sciences et Technologies de l'information et de la communication pour l'éducation et la formation* (STICEF), ATIEF, 1-13.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La pensée sauvage.
- Bueno-Ravel, L. & Gueudet, G. (2013). L'approche instrumentale des genèses d'usage : le cas des bases d'exercices en ligne. Des technologies aux ressources numériques, genèses d'usages et genèses documentaires Dans J.-B. Lagrange (Ed.), *Les technologies numériques pour l'enseignement - Usage, dispositif et genèses* (pp. 106-1249), Toulouse : Octarès.
- Collectif Didactique Pour Enseigner, CDpE (2019). *Didactique pour enseigner*. Presses Universitaires de Rennes.
- Gueudet, G., Bueno-Ravel, L., & Poisard, C. (2014). Teaching Mathematics with Technology at the Kindergarten Level: Resources and Orchestrations. In A. Clark-Wilson, O. Robutti, & N. Sinclair (Éds.), *The Mathematics Teacher in the Digital Era* (Vol. 2, p. 213-240). Springer Netherlands.
- Ifenthaler, D. & Schweinbenz, V. (2013). The acceptance of Tablet-PCs in classroom instruction: The teachers' perspectives, *Computers in Human Behavior*, 39 (3), 525-534.

- Karsenti, T. & Fievez, A. (2013). *L'iPad à l'école : usages, avantages et défis : résultats d'une enquête auprès de 6057 élèves et 302 enseignants du Québec (Canada)*. Montréal, QC : CRIFPE.
- Karsenti, T. P. (2015). *Usages didactiques des technologies de l'information et de la communication (TIC) pour soutenir le développement de la compétence à écrire des élèves du primaire en milieu défavorisé*. Rapport de recherche. Université de Québec.
- Robert, A. (1998). Outils d'analyse des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l'université. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 18(2), 139-190.
- Sandron, L. & Fagnant, A. (2017). L'influence d'une formation au tutorat sur les performances en résolution de problèmes et sur la motivation autodéterminée d'élèves de fin d'enseignement primaire. *Revue française de pédagogie*, 178, 75-92.
- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir. Éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. De Boeck.
- Sensevy, G. (2016). Le collectif en didactique. Quelques remarques. Dans Y. Matheron, G. Gueudet, V. Celi, C. Derouet, M. Krysinska, S. Quilio, M. Rogalski, T. A. Sierra, L. Trouche, C. Winslow, & S. Besnier (Éds.), *Enjeux et débats en didactique des mathématiques* (Vol. 1, p. 223-253). La pensée Sauvage Éditions.
- Sensevy, G., Forest, D., Quilio, S. & Morales, G. (2013). Cooperative engineering as a specific design-based research. *ZDM, The International Journal on Mathematics Education*, 45(7), 1031-1043.
- Sensevy, G. & Bloor, T. (2020). Cooperative Didactic Engineering. Dans S. Lerman, (Eds) *Encyclopedia of Mathematics Education*. Springer, Cham. https://doi-org.scd1.univ-fcomte.fr/10.1007/978-3-030-15789-0_100037
- Slavin, R-E. & Lake, C. (2008). Effective programs in elementary mathematics: A best-evidence synthesis. *Review of Educational Research*, 78, (3), 427-515.
- Trouche, L. (2003). *Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : Nécessité des orchestrations*.
- Villemonteix, F. & Béziat, J. (2013). Le TNI à l'école primaire : entre contraintes et engagement. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 20(1), 327-350.
- Villemonteix, F., Hamon, D., Nogry, S., Sejourne, A., Hubert, B. & J-M. Gélis, J-M. (2015). *Expérience tablettes tactiles à l'école primaire - ExTaTE*. [Rapport de recherche] Laboratoire EMA.

GENRE ET MATHÉMATIQUES À L'ÉCOLE : ÉTAT DES LIEUX DANS LE CANTON DE VAUD ET IMPACT DU SYSTÈME SCOLAIRE SUR LES PARCOURS DES ÉLÈVES

Francesca Gregorio, Michel Deruaz, Bénédicte Marfaing, Rosalie Chevalley

Haute École Pédagogique du canton de Vaud ; Direction générale de l'enseignement obligatoire et de la pédagogie spécialisée du canton de Vaud

Dans le canton de Vaud, tant au secondaire 1 qu'au secondaire 2, les filles sont moins nombreuses que les garçons dans les filières où les mathématiques sont importantes. Ce constat ne s'explique pas par les résultats scolaires dans cette discipline, les filles ayant un niveau équivalent à celui des garçons jusqu'au début du secondaire. Dans cet article, nous explorons cette problématique et quelques possibles leviers possibles.

Mots clés : question de genre, filles, options spécifiques, niveau en mathématiques

Cet article relate un travail exploratoire autour des questions de genre dans l'enseignement des mathématiques dans le canton de Vaud. Après une brève introduction théorique, nous allons présenter le contexte spécifique. Ensuite, à partir de données officielles, nous nous concentrons sur deux moments clés de l'orientation scolaire des élèves : la transition entre le primaire et le secondaire et entre le secondaire 1 et le secondaire 2. Lors de ces deux transitions, les élèves doivent faire des choix qui influenceront la suite de leur parcours scolaire et professionnel : ces choix se révèlent souvent genrés. Les éléments apportés ont pour but de faire un état de la situation et de montrer l'importance de soutenir une réflexion sur la question de l'égalité des chances entre les filles et les garçons dans les filières de formation scientifiques.

LES QUESTIONS DE GENRE À L'ÉCOLE

Dans ce qui suit, nous utiliserons la notion de *genre*. L'Organisation mondiale de la Santé (2018) le définit comme « les rôles, comportements, activités, fonctions et chances qu'une société, selon la représentation qu'elle s'en fait, considère comme adéquats pour les hommes et les femmes, les garçons et les filles et les personnes qui n'ont pas une identité binaire ». Nous choisissons cette conception sociétale de genre au lieu de celle de *sexe* qui ne se réfère qu'aux « caractéristiques physiques et biologiques » des individus (Centre de Formation d'ONU Femmes, 2022). Selon cette conception sociétale, le genre est une construction sociale, ancrée au niveau psychologique, qui est activée et influencée lors de chaque interaction. Pour parler d'égalité des chances, il est important de nommer le mécanisme qui consiste à catégoriser les individus selon leur genre, mécanisme qui nourrit les stéréotypes de genre, pour finalement entraîner du sexisme (Faniko & Dardenne, 2021). Différentes formes de sexisme existent, nous en ferons une utilisation générale, bien qu'inspirée par les notions de sexisme ambivalent (selon les définitions de Glick & Fiske, 1996) et de sexisme moderne (selon Swim et al., 1995).

Malgré une évolution de la société occidentale au 20^e siècle¹, la question de l'égalité entre femmes et hommes reste centrale en éducation (Office fédéral de la statistique [OFS], 2021). En 1972 déjà, la

¹ À l'université, par exemple, les étudiantes constituaient 9% du total des effectifs étudiants en 1890-1891 (Rogers, 2004) alors qu'elles en constituent 51,9 % en 2021 (<https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/education-science/personnes-formation/degre-tertiaire-hautes-ecoles/universitaires.html>).

Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique (Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique [CDIP²]) incitait « les cantons à prendre les mesures permettant d'éviter toute discrimination des jeunes filles dans l'enseignement et notamment de leur offrir les mêmes possibilités d'accès aux écoles secondaires qu'aux garçons » (1995, p. 11). En 1981, la CDIP a réaffirmé sa position : « durant la scolarité obligatoire, les mêmes possibilités de formation doivent être offertes aux jeunes filles et aux garçons » (1995, p. 83). Et même si dans ces textes on perçoit encore les traces des rôles assignés au genre, il y a une claire volonté d'égalité des chances. Aujourd'hui, l'article 10 de la loi sur l'enseignement obligatoire (Le grand conseil du canton de Vaud, 2011) du canton de Vaud mentionne que « L'école veille à l'égalité entre filles et garçons, notamment en matière d'orientation scolaire et professionnelle ».

Malgré la loi et le positionnement officiel des institutions, des inégalités persistent. À titre d'exemple, les résultats aux tests PISA montrent que les garçons scolarisés de 15 ans performent significativement mieux en mathématiques que les filles en Suisse (Giberti, 2019). De plus, la question de l'orientation scolaire reste toujours préoccupante avec une sous-représentation des femmes dans le secteur des MINT³. En effet, les femmes ne représentent que 25% des diplômés des domaines MINT en Suisse en 2019 (OFS, 2021). Les filles sont très majoritaires dans les filières tertiaires, sociales et littéraires, alors que les garçons le sont dans les filières techniques, industrielles et scientifiques (Vouillot et al. 2004). Nous pouvons donc parler d'orientation scolaire genrée, qui amène à une division genrée du travail et aux inégalités professionnelles et salariales qui en découlent, en faveur des hommes. De plus, nous assistons à une hiérarchisation des orientations, qui voit les carrières dites “féminines” comme inférieures par rapport à celles dites “masculines”.

Ces constats soulignent l'importance de comprendre les raisons pour lesquelles de telles différences persistent dans les parcours des filles et des garçons. Nous pourrions commettre l'erreur de croire que l'éducation des jeunes générations est désormais neutre du point de vue du genre. Or, s'il est vrai que des pratiques plus équilibrées émergent depuis quelques années, les relations de genre continuent d'avoir un impact sur les pratiques éducatives (Mosconi, 2004) : tant dans le milieu familial (par exemple en ce qui concerne le choix des jouets, la division des tâches au sein du couple, etc.) que scolaire (par exemple dans les savoirs disciplinaires, aussi en raison de l'insuffisance de modèles féminins dans certaines disciplines, comme celles scientifiques). Plus globalement, nous estimons qu'en décryptant la situation, nous pourrions fournir aux actrices et acteurs de la formation des éléments de compréhension quant à ces inégalités. L'objectif étant de proposer des pistes d'action qui permettraient d'offrir à tous les élèves, filles et garçons, un contexte favorisant plus de liberté dans leurs choix de formation. En effet, « si l'école peut elle aussi contribuer à transmettre ou perpétuer des stéréotypes, elle peut également revêtir un rôle protecteur important pour offrir une éducation égalitaire, favorisant le développement du plein potentiel des filles et des garçons » (Bérubé Deschênes et al., 2021, p. 28).

Finalement, les mathématiques représentent une discipline importante dans ces processus (Moïse & Pons-Desoutter, 2021). En effet, il s'agit d'une discipline dans laquelle un certain nombre de stéréotypes perdure, étant connotée comme masculine (Duru-Bellat, 2004). De plus, cette discipline a un rôle souvent important lors de l'orientation comme détaillé ci-dessous. Le rôle du corps enseignant, notamment en mathématiques, a été questionné (Moïse & Pons-Desoutter, 2021). A parité de notes, les garçons reçoivent souvent un enseignement plus personnalisé, tandis que les filles sont traitées comme un seul groupe d'élèves, et sont par conséquent moins stimulées, mises au défi et encouragées (Duru-Bellat, 2004). Derrière cette attitude du corps enseignant se cache souvent la croyance que les garçons réussissent grâce à leurs capacités innées (intelligence, etc.), alors que pour les filles, c'est une question de quantité de travail

² La CDIP est un organe intercantonal responsable de la coordination nationale en matière d'éducation et de culture.

³ Mathématiques, Informatique, sciences Naturelles, sciences Techniques.

car elles sont supposées être soigneuses et travailler sérieusement (Mosconi, 2004). Cela est particulièrement frappant en mathématiques, car il s'agit d'une discipline pour laquelle l'on estime devoir avoir la « bosse des maths » (innée, naturelle) pour réussir (Di Martino & Gregorio, 2019). Dans cet article, nous nous limiterons à observer les choix des élèves et présenter certaines des pistes d'actions mises en œuvre dans le canton de Vaud.

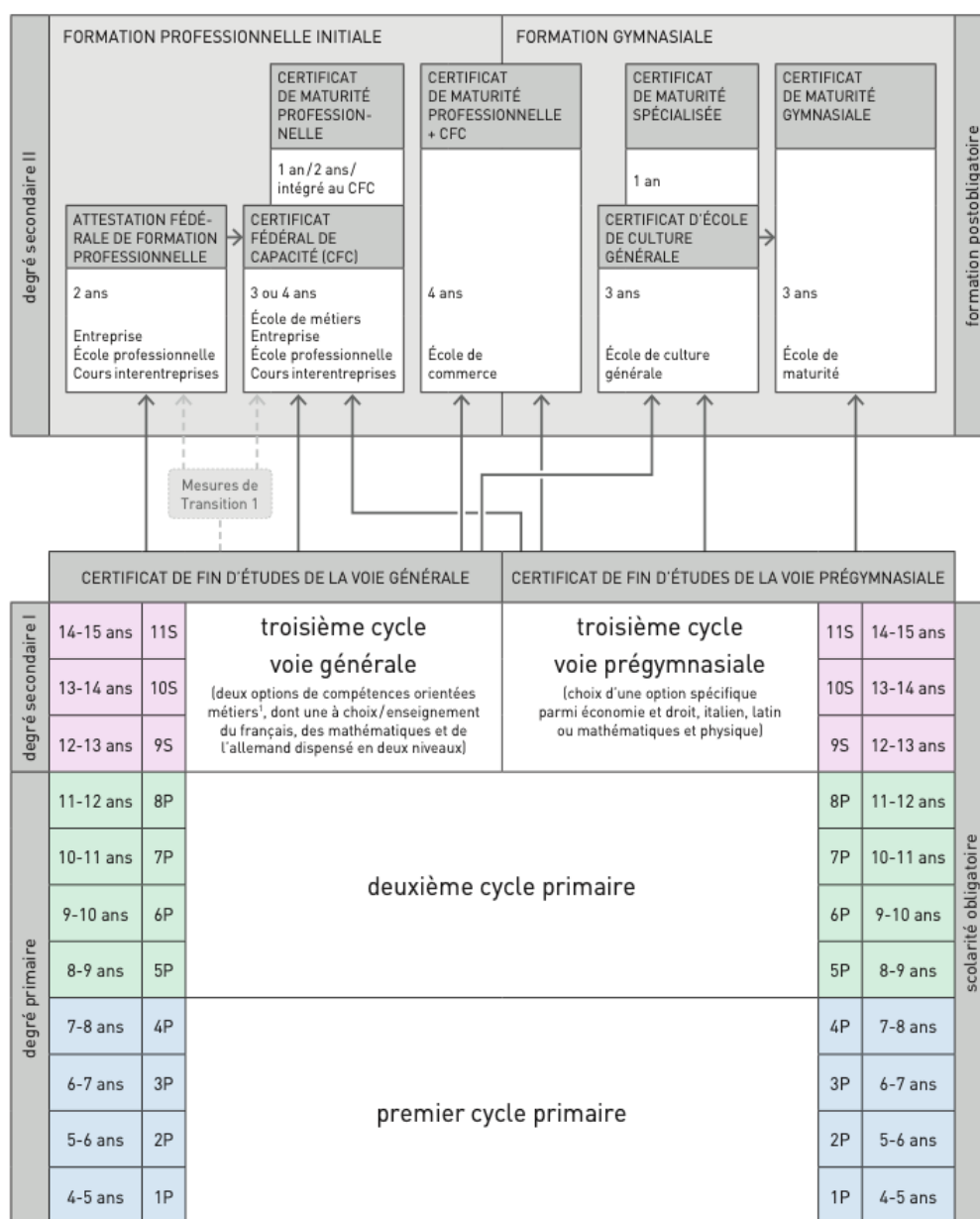
Nous nous centrerons sur un état des lieux de la situation dans le canton de Vaud. Mentionnons que dans une idée de proposer des mesures effectives permettant de diminuer l'impact du sexisme dans les parcours scolaires et de formation, selon Collet (2019), il est essentiel d'avoir une bonne compréhension du contexte, mais aussi des buts à atteindre. En outre, Giberti (2019) relève l'importance de connaître le phénomène en détail si on veut imaginer un instrument le mesurant.

Pour aborder cette problématique, nous présentons d'abord le système scolaire vaudois.

DESCRIPTIF DU SYSTEME SCOLAIRE VAUDOIS

En Suisse⁴, le système scolaire obligatoire est constitué de huit années d'école primaire et de trois années d'école secondaire 1 (Fig. 1). Pour les élèves souhaitant accéder à une formation universitaire, il faut ajouter un passage par l'École de maturité (trois ans dans le Canton de Vaud) en vue de l'obtention d'un Certificat de maturité gymnasiale, titre équivalent au baccalauréat français. Cette formation fait partie, avec d'autres, du degré secondaire 2.

⁴ Selon l'accord intercantonal HarmoS (CDIP, 2007).



¹ possibilité, à certaines conditions, de choisir une option spécifique

Fig. 1 : Structure de l'école vaudoise et accès aux formations post obligatoires (tiré de Département de la formation, de la jeunesse et de la culture, 2023)

Nous nous intéresserons plus particulièrement aux parcours d'élèves qui se dirigent vers un Certificat de maturité gymnasiale. Il est important de noter que pour accéder à l'École de maturité, l'élève doit avoir effectué le degré secondaire 1 dans la voie prégyrnasiale. L'accès à cette voie est basé sur les résultats obtenus en 8^e année primaire (soit pour les élèves de 11-12 ans).

Les élèves concernés sont alors amenés à faire des choix qui déterminent les cours suivis. En fin d'école primaire, les élèves destinés à la voie prégyrnasiale choisissent une option spécifique (OS) parmi quatre choix possibles : Mathématiques et physique ; Économie et droit ; Italien ; Latin.

Au moment de la transition entre le secondaire 1 et le secondaire 2, les élèves qui choisissent l'École de maturité doivent se déterminer sur plusieurs points, dont un choix d'option spécifique : Physique et applications des mathématiques ; Arts visuels ; Biologie et chimie ; Économie et droit ; Espagnol ; Philosophie et psychologie ; Grec ; Italien ; Latin ; Musique.

L'élève doit aussi choisir un niveau en mathématiques : Standard ou Renforcé.

Bien que, réglementairement, l'accès à toutes les formations universitaires soit possible quels que soient les choix précédents (par exemple EPFL, 2023), il est fortement recommandé aux élèves d'adapter leurs choix à leurs projets. En effet, les enseignements suivis ont un impact sur leurs chances de réussite. C'est en particulier le cas pour les formations scientifiques ou économiques pour lesquelles le niveau renforcé en mathématiques est recommandé. Il en va de même entre le degré secondaire 1 et le degré secondaire 2 : bien qu'il n'y ait pas d'obligation de suivre l'option Mathématiques et physique au secondaire 1 pour accéder à l'option Physique et applications des mathématiques du secondaire 2, le système promeut un parcours homogène et les exceptions sont rares. Les choix effectués à ces deux moments de transition s'avèrent donc cruciaux, et cela particulièrement en mathématiques, car ils impactent potentiellement les carrières scientifiques.

Nous nous concentrerons sur les transitions entre le primaire et le secondaire 1 puis entre le secondaire 1 et le secondaire 2. L'existence de choix liés aux mathématiques dans ces moments-là permet une mise en lumière des dynamiques d'inégalités de genre. Par ailleurs, nous nous focaliserons sur les élèves de la voie pré-gymnasiale au degré secondaire 1 et à l'École de maturité au degré secondaire 2. Nous nous intéressons à ce type d'élèves, car c'est pour eux que nous avons le plus d'informations relatives aux mathématiques au sein même du parcours scolaire (en lien avec les choix d'options). Nous pouvons noter que l'impact du genre sur les choix de formations professionnelles (en particulier les formations techniques), qui n'est pas abordé ici, est aussi important. Il est notamment traité par Gianettoni et ses collègues (2021).

UN PREMIER CHOIX : DU PRIMAIRE AU SECONDAIRE

Des choix d'option distincts entre les filles et les garçons : Peu de mixité dans les options

Pour mettre en lumière les orientations genrées à ces deux moments de transition scolaire, dans la suite de ce texte nous nous basons sur des valeurs mises à disposition par la Direction générale de l'enseignement obligatoire (DGEO) et par la Direction générale de l'enseignement postobligatoire (DGEP) du canton de Vaud. Les résultats qui suivent sont basés sur les choix ou les résultats de l'ensemble des élèves de la voie pré-gymnasiale ou de l'école de maturité d'une cohorte d'élèves. Le fait de considérer la totalité des élèves confère à la description statistique qui suit un niveau de représentation important du phénomène dans le canton de Vaud. Le traitement statistique a été effectué pour la rédaction de cet article.

Comme décrit dans la section précédente, en entrant au secondaire 1, les élèves de la voie pré-gymnasiale doivent choisir une option spécifique qui constituera une composante forte de leur parcours. La Fig. 2 montre les choix faits par les filles et par les garçons à ce moment-là. La différence en fonction du genre est importante, les filles optant davantage que les garçons pour Latin (13% contre 7%) et Italien (25% contre 9%), de manière comparable pour Économie et droit (33% contre 31%) et beaucoup moins pour Mathématiques et physique (29% contre 53%).

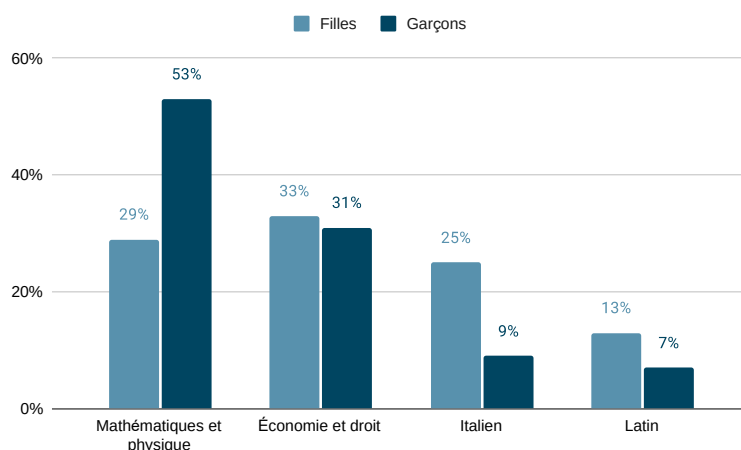


Fig. 2 : Choix d'options spécifiques des filles et des garçons à la fin de l'école primaire

On peut remarquer, au sein d'une même option, peu de mixité de genre (Fig. 3). Si pour les options Latin, Italien et Économie et droit le pourcentage de filles est supérieur à celui de garçons, pour la voie scientifique nous constatons 62% d'inscriptions masculines contre 38% d'inscriptions féminines.

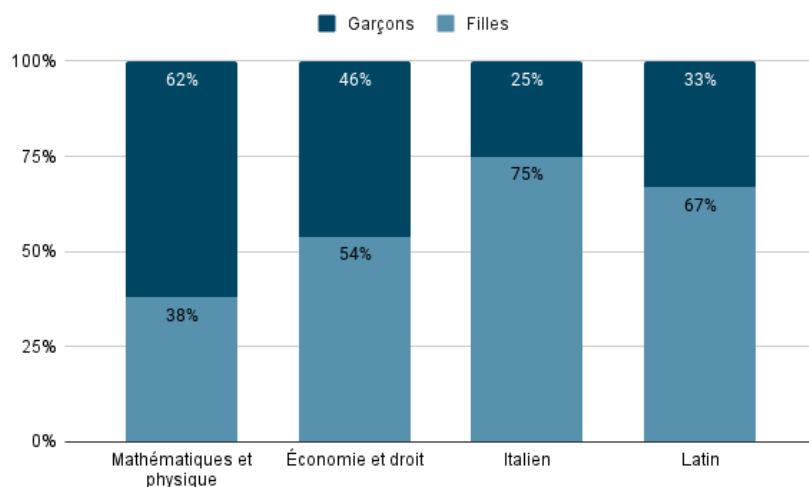


Fig. 3 : Pourcentages d'élèves par sexe selon l'option spécifique au secondaire 1

Les données de la Fig. 2 et de la Fig. 3 montrent que la différence est importante pour l'option Mathématiques et physique (MEP), ce qui relate d'une tendance pas spécifique à la Suisse (on retrouve des situations similaires dans d'autres pays, par exemple en France ; Vouillot et al., 2004).

La participation des filles à cette option spécifique de la voie pré-gymnasiale est légèrement remontée ces dernières années. Comme on peut le constater dans la Fig. 4, depuis 2016/17 le pourcentage d'inscriptions féminines est passé de 26,5% à 28,8% en 2021/22, avec des augmentations et des diminutions intermédiaires.

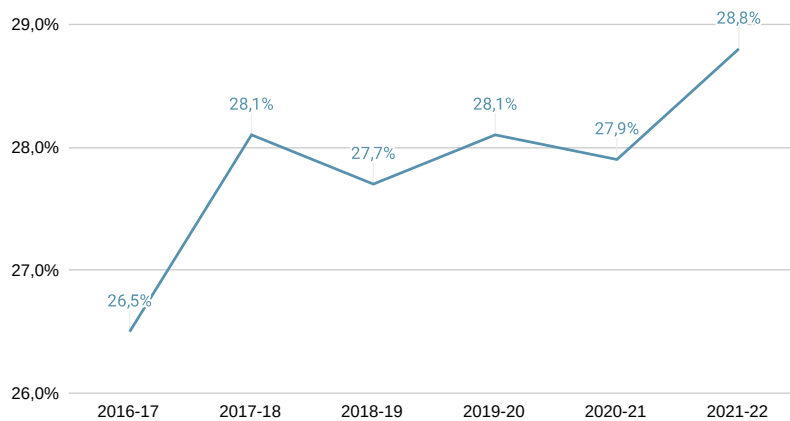


Fig. 4 : Pourcentage de filles qui suivent l'option Mathématiques et physique au secondaire 1 par année

Moins de filles en OS MEP malgré un niveau équivalent à celui des garçons en fin de 8P

Une question se pose alors : pourquoi ces différences de choix entre les filles et les garçons à la fin de l'école primaire ?

Une première hypothèse pourrait être de chercher l'explication de ce phénomène dans le niveau en mathématiques des filles et des garçons à la fin de l'école primaire. La moyenne en mathématiques des élèves à cet âge est de 4,7 sur 6, tant pour les garçons que pour les filles. Si l'on se restreint aux élèves avec

des moyennes élevées en mathématiques, c'est-à-dire la partie qui, en général, se destine à l'option Mathématiques et physique au secondaire 1, on trouve que 55% des garçons ont une note supérieure à 5 et 31% ont une note supérieure à 5,5. On retrouve les mêmes pourcentages, 55% et 31%, chez les filles.

Le niveau des compétences en mathématiques ne peut donc pas expliquer la différence des choix concernant l'option spécifique du secondaire 1. Elle a donc ses racines ailleurs. Une partie de l'explication pourrait être due à la perception par l'élève de ses propres compétences et son évaluation des exigences requises : à capacités égales reconnues par le système (les notes en fin d'école primaire), la perception que le sujet en fait varie en fonction du genre de celui-ci : les filles estiment plus rarement avoir le potentiel pour suivre un parcours scolaire reconnu socialement « difficile ». Certaines études s'intéressant au genre dans le cadre scolaire décrivent les filles comme plus perfectionnistes et moins sûres d'elles que les garçons (Anderson & Martin, 2018 ; Giberti, 2019 ; O'Rourke & Prendergast, 2021). En effet, le sentiment d'efficacité personnelle, c'est-à-dire la croyance en ces propres capacités, est souvent plus élevé auprès du public masculin que féminin en champ scientifique (Vouillot et al., 2004). Cela influence les intérêts des élèves en termes de disciplines et l'orientation scolaire. Cependant, il ne s'agit pas d'une responsabilité personnelle, mais plutôt d'un phénomène à replacer dans le contexte de notre société. En effet, ces différences sont le résultat d'une masculinité et une féminité construites collectivement et spécifiques à chaque société (Mosconi, 2004) desquelles les garçons et les filles essaient d'être de bons et bonnes représentantes, et cela aussi en tant qu'élèves (Duru-Bellat, 2004 ; Vouillot et al., 2004).

Cette différence de choix est encore plus frappante en observant les pourcentages des élèves qui choisissent l'option Mathématiques et physique selon la moyenne en mathématiques en fin d'école primaire. Comme rapporté dans la Fig. 5, 84% des garçons avec une moyenne de 6 prennent cette option contre 58% des filles, 66% des garçons avec une moyenne de 5,5 contre 39% des filles, 40% des garçons avec une moyenne de 5 contre 18% des filles, 20% des garçons avec une moyenne de 4,5 contre 6% des filles, 8% des garçons avec une moyenne de 4 contre 3% des filles. Ces données montrent bien qu'à niveau équivalent en mathématiques, les filles choisissent moins cette option scientifique que les garçons, et cela pour tous les intervalles de notes. De surcroît les garçons choisissent plus facilement cette voie même à moyenne inférieure que les filles (Fig. 5) : 66% des garçons avec une moyenne de 5,5 contre 58% des filles avec une moyenne de 6 ; 40% des garçons avec une moyenne de 5 contre 39% des filles avec une moyenne de 5,5 ; et ainsi de suite pour les autres demi-notes.

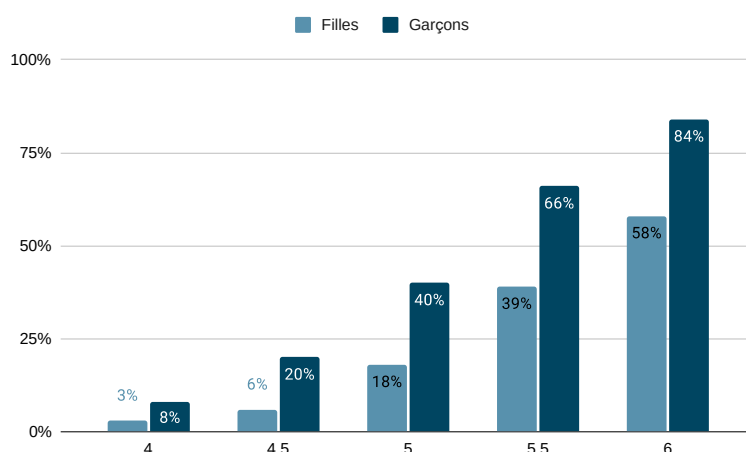


Fig. 5 : Pourcentage des filles et de garçons qui choisissent l'option Mathématiques et physique selon la moyenne en mathématiques en fin d'école primaire⁵

⁵ Dans le canton de Vaud, les notes et les moyennes vont de 1 à 6, au demi-point.

On constate aussi que, les filles qui choisissent l'option Mathématiques et physique, ont des notes en fin d'école primaire significativement supérieures à celles des garçons, tant en mathématiques (Moyenne filles= 5,48 vs garçons= 5,44 ; $F(1,1880)=4,95$; $p<0,01^6$) qu'au niveau de la moyenne générale (Moyennes filles= 5,48 vs garçons= 5,31 $F(1,1880)=172,22$; $p<0,0001$; Fig. 6). L'écart de moyenne en fin d'école primaire en mathématiques et l'écart à la moyenne générale sont aussi en faveur des filles pour les autres options spécifiques (Fig. 7 et 8). Donc, non seulement la moyenne des filles en mathématiques en fin d'école primaire est équivalente à celle des garçons, mais parmi les élèves de la voie pré-gymnasiale les filles de chaque option ont une meilleure moyenne en mathématiques que les garçons.

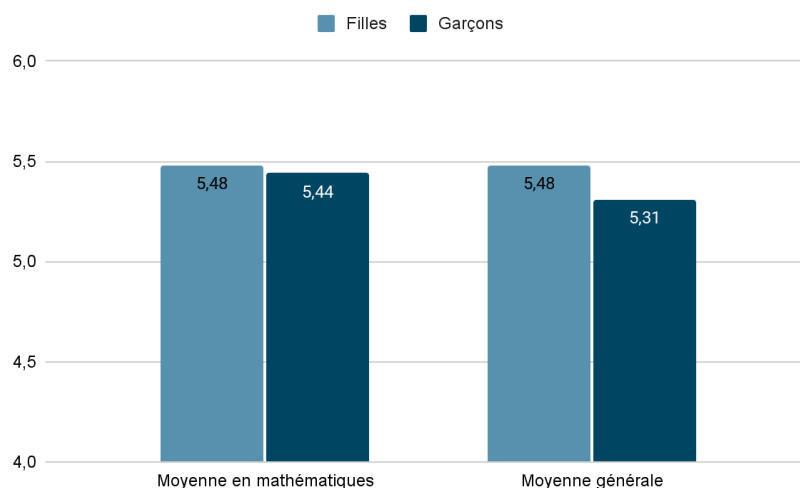


Fig. 6 : Moyennes des filles et des garçons qui choisissent l'option Mathématiques et physique en fin du primaire⁷

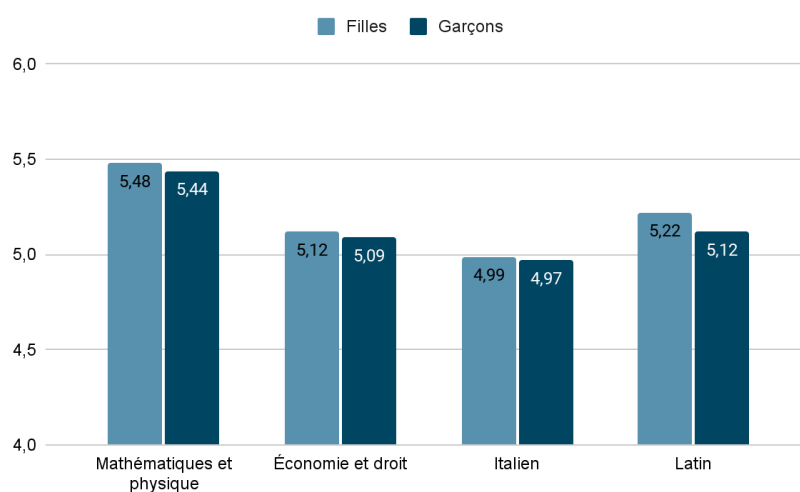


Fig. 7 : Moyennes de mathématiques en fin d'école primaire des filles et des garçons selon l'option suivie en 9ème du secondaire 1 (cohortes de 8H de 2020/21 et leur suivi en 2021/22)

⁶ Ici et dans ce qui suit, l'outil statistique utilisé a été l'analyse de variances.

⁷ Dans cet article, les notes dans les graphiques ne commencent pas toujours à 1. Ce choix a été fait pour en favoriser la lisibilité en permettant l'appréciation de l'écart entre les deux catégories d'élèves.

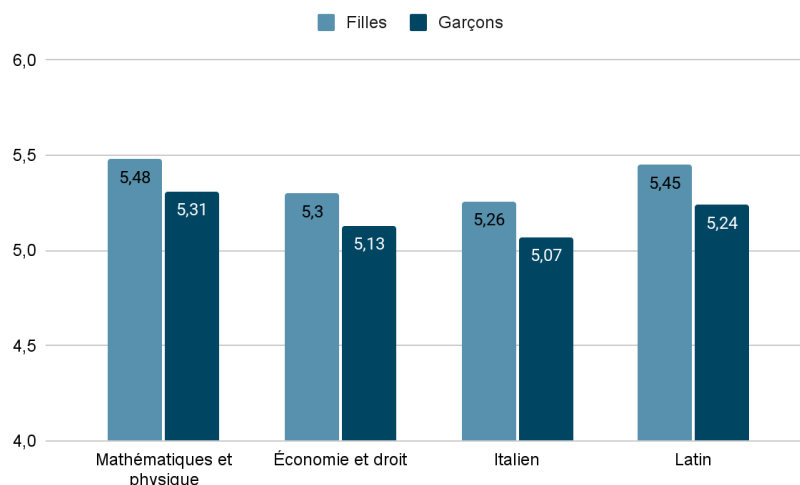


Fig. 8 : Moyennes générales en fin d'école primaire des filles et des garçons selon l'option suivie en 9ème du secondaire 1 (cohortes de 8H de 2020/21 et leur suivi en 2021/22)

Des choix d'option qui ont un impact sur le niveau en mathématiques des élèves à la fin de l'école obligatoire

Nous allons maintenant porter notre attention sur la fin de l'école secondaire 1. Pendant les trois ans de secondaire 1, les élèves suivent des options différentes, qui ont potentiellement un impact sur leurs compétences disciplinaires. Ainsi, on note qu'en fin d'année, les élèves de 11VP qui suivent l'option mathématiques physique ont des notes en mathématiques significativement supérieures ($F(3,3651)=256.5$; $p<0.0001$) à celles des élèves suivant les autres OS (moyennes en mathématiques des élèves de l'OS Math-physique= 4,9 vs économie= 4,2 vs italien= 4 vs latin = 4,3).

Lorsque l'on analyse le niveau de mathématiques de filles et des garçons en fonction des options spécifiques choisies, on observe que les filles de la voie pré-gymnasiale ont des résultats scolaires en mathématiques équivalents, voire supérieurs à ceux des garçons et ce, quelle que soit l'option spécifique suivie (Fig. 9). C'est le cas pour les filles inscrites en Mathématiques et physique dont la moyenne est légèrement plus élevée que celle des garçons ($F(1,1517)=7,909$; $p<0,005$). On fait donc le même constat à la fin de l'école secondaire 1 (Fig. 10) qu'à la fin de l'école primaire (Fig. 7). Mais, lorsque l'on observe à la fin du secondaire 1, les moyennes en mathématiques de l'ensemble des élèves de la voie pré-gymnasiale, on constate que la moyenne des filles (Moyennes filles=4,41) est inférieure à celle des garçons (Moyennes garçons=4,57, Fig. 9). Autrement dit, l'effet du genre selon lequel les garçons auraient un meilleur niveau en mathématiques en fin de 11 VP ($F(3,3657)=36,901$; $p<0,0001$) disparaît dès lors que l'on analyse ces résultats à la lumière des options spécifiques suivies. L'analyse de variance intégrant le choix des OS dans nos analyses, montre que seul le type d'option spécifique a un effet significatif sur le niveau des élèves en mathématiques ($F(3,3651)=256.5$; $p<0,0001$) et non le genre ($F(1,3651)=.711$; $p<1$).

Dans chaque option, les filles ont des résultats au moins aussi bons que les garçons, mais globalement leurs résultats sont légèrement inférieurs à ceux des garçons. Cela s'explique par le fait que les élèves de l'OS Mathématiques et physique ont des résultats très supérieurs aux autres élèves et que les filles sont peu nombreuses dans cette option. Ces constats nous confirment qu'à la fin du secondaire 1, les options ont un effet sur le niveau de mathématiques des élèves et que les effets de genre que l'on observe en défaveur des filles dans cette discipline s'expliquent par leur sous-représentation dans l'option Mathématiques et physique.

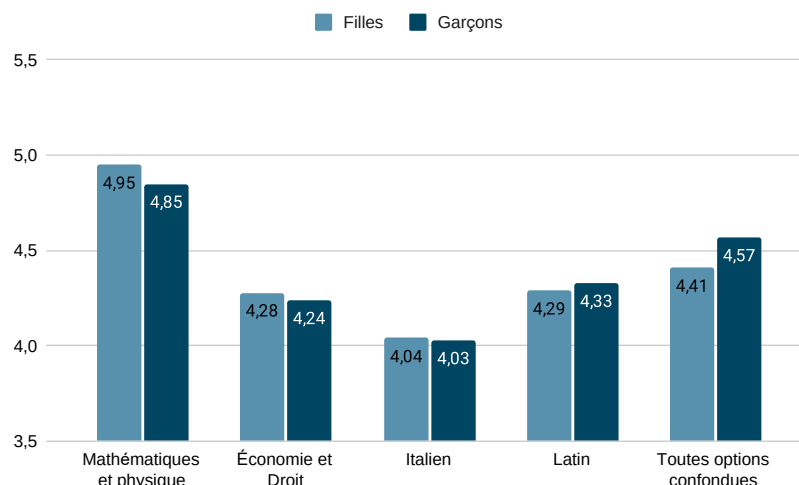


Fig. 9 : Moyennes en mathématiques des filles et des garçons de la voie pré-gymnasiale en fin de secondaire 1 par option spécifique

Ceci est d'autant plus préjudiciable que nous verrons dans la prochaine section combien les OS suivies au secondaire 1 sont déterminantes dans le niveau de mathématiques choisi au gymnase (Fig. 11). Là encore, malgré leurs meilleurs résultats, les filles semblent moins enclines à s'engager dans cette discipline à un niveau renforcé (Fig. 12).

UN DEUXIÈME CHOIX : DU SECONDAIRE 1 AU SECONDAIRE 2

Le niveau renforcé en mathématique davantage choisi par les garçons que par les filles

Comme nous l'avons déjà signalé plus haut, au moment de l'entrée dans l'École de maturité, les élèves doivent choisir une option spécifique et un niveau en mathématiques. Ces choix sont faits par les élèves et leurs parents à la suite d'un préavis des enseignants du secondaire 1. La croyance selon laquelle le niveau renforcé en mathématiques est nécessaire pour poursuivre ses études dans plusieurs hautes écoles, comme l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) ou la faculté des Hautes études commerciales de l'Université de Lausanne (HEC UNIL ; Dufour, 2007 ; Gymnase intercantonal de la Broye, 2023) est très répandue aussi bien dans certaines écoles qu'au sein des familles. Par conséquent, ce choix au secondaire 2 est déterminant dans le parcours du futur corps étudiant des filières scientifiques des universités.

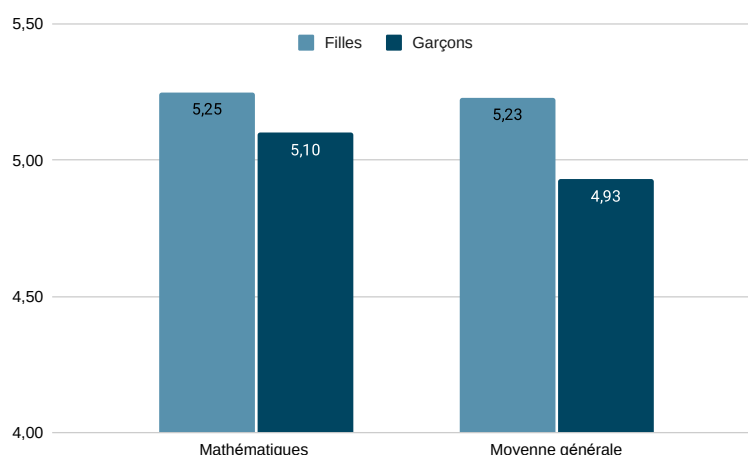


Fig. 10 : Moyennes obtenues en 11ème par les filles et les garçons qui suivent les maths en niveau renforcé à l'École de maturité

Le choix du niveau de mathématiques à l'entrée au gymnase met en évidence des mécanismes communs à ceux observés lors des choix d'option à l'entrée au secondaire 1. En effet, si on regarde les moyennes en

mathématiques à la fin du secondaire I des élèves qui choisissent le niveau renforcé (Fig. 10), on observe une moyenne significativement plus élevée ($F(1,1048)=20,821$; $p<0,0001$) chez les filles (Moyennes filles=5,25) que chez les garçons (Moyennes garçons=5,1). La différence est encore plus élevée lorsque l'on compare les moyennes générales (respectivement Moyennes filles=5,23 vs Moyennes garçons=4,93 ; $F(1,1048)=171,81$; $p<0,0001$). En d'autres termes, les filles qui choisissent le niveau renforcé en mathématiques au gymnase ont un niveau scolaire significativement plus élevé en fin d'école obligatoire que celui des garçons. On observe donc le même phénomène à la transition du secondaire 1 au secondaire 2 que celui relevé lors de la transition du primaire au secondaire 1 (Fig. 6) : seules les filles ayant un niveau très élevé s'orientent vers les mathématiques. Comme pour la transition du primaire au secondaire, il y a plusieurs éléments qui peuvent expliquer pourquoi dans le choix d'un parcours en mathématiques les filles semblent donc s'imposer un niveau d'exigence plus haut que les garçons : entre autres adhésion aux modèles de son propre genre et image des mathématiques comme masculine (Duru-Bellat, 2004 ; Mosconi, 2004 ; Vouillot et al., 2004).

Comme évoqué dans la partie précédente, lorsque l'on s'intéresse au choix du niveau de mathématiques au secondaire 2 en fonction de l'option spécifique suivie au secondaire 1, on remarque (Fig. 11) sans surprise que les élèves qui n'ont pas suivi l'option Mathématique et physique choisissent rarement le niveau renforcé (13% pour l'option Latin, 9% pour l'option Italien et 14% pour l'option Économie et droit). En revanche, 68% des élèves qui ont suivi l'option Mathématiques et physique au secondaire 1, (Fig. 11) choisissent le niveau renforcé. Cette valeur élevée s'explique aussi par le fait que le niveau renforcé est obligatoire pour les élèves qui ont choisi l'option Physique et applications des mathématiques à l'École de maturité.

Nous allons maintenant nous intéresser au choix du niveau de mathématiques par les filles et les garçons qui entrent à l'École de maturité en fonction de l'option spécifique suivie au secondaire 1 (Fig. 12). On observe que même si les résultats des filles en mathématiques à la fin du secondaire 1 sont supérieurs à ceux des garçons, quelle que soit l'option spécifique choisie (Fig. 9), les filles choisissent nettement moins fréquemment le niveau renforcé que les garçons (Fig. 12 ; 63% contre 71% pour Mathématiques et physique ; 12% contre 16% pour Économie et droit ; 8% contre 11% pour Italien ; 10% contre 22% pour Latin). Globalement environ un quart (27%) des filles choisissent le niveau renforcé en mathématiques alors que presque la moitié (48%) des garçons font ce même choix.

On constate également (Fig. 13) que les élèves qui choisissent le niveau renforcé en mathématiques redoublent beaucoup moins leur première année à l'École de maturité que ceux qui choisissent le niveau standard et que c'est encore plus le cas pour les filles que pour les garçons. Nous faisons donc l'hypothèse que plus de filles pourraient choisir le niveau renforcé sans prendre le risque de redoubler.

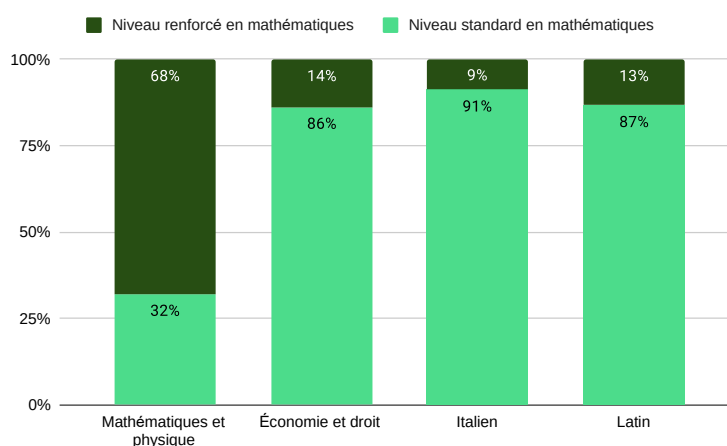


Fig. 11 : Pourcentages d'élèves qui choisissent le niveau renforcé en mathématiques Vs standard au secondaire 2 selon l'option spécifique du secondaire 1

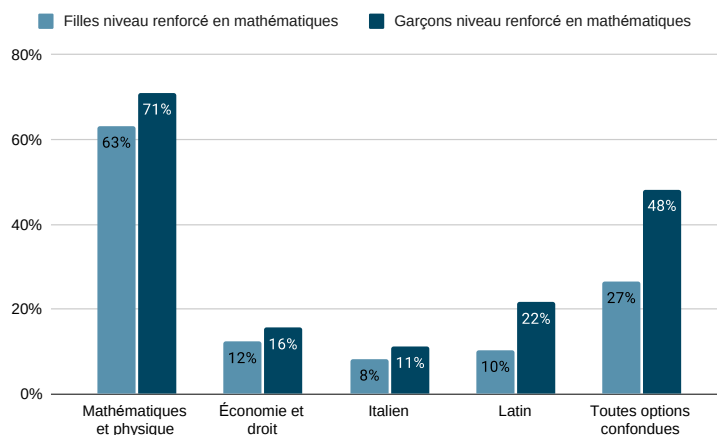


Fig. 12 : Pourcentage de filles et de garçons qui choisissent le niveau renforcé de mathématiques en première année d'École de maturité par option du secondaire

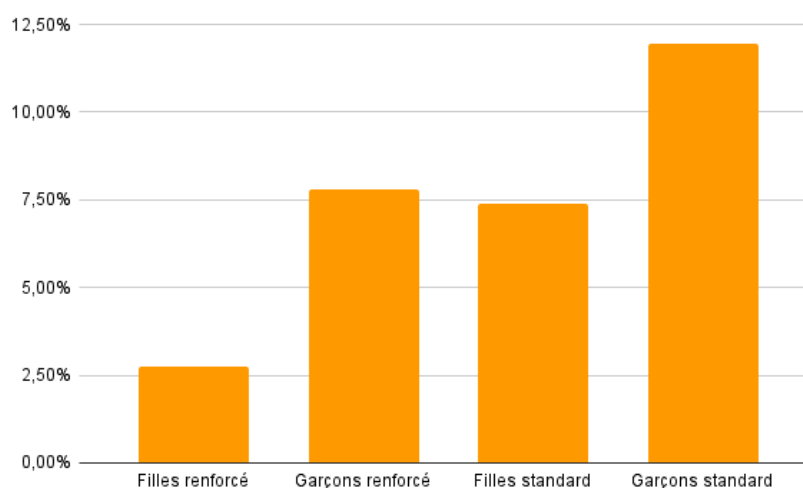


Fig. 13 : Pourcentage de redoublement en fonction du genre et du niveau en mathématiques en première année d'École de maturité

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les données présentées dans les paragraphes précédents mettent en lumière deux dynamiques très similaires aux deux étapes de choix du parcours scolaire. À l'entrée du secondaire 1 comme à celle du secondaire 2, à compétences égales, les filles choisissent moins souvent les filières mathématiques. Ce constat est problématique pour la suite de leur formation scolaire⁸ et pour leur futur métier. En effet, il pourrait être un frein à la poursuite de carrières scientifiques qui sont souvent reconnues comme socialement prestigieuses et bien rémunérées (OFS, 2022).

Nous faisons l'hypothèse que si, à la fin de l'école primaire et à la fin de l'école obligatoire, les filles étaient plus encouragées à choisir les filières mathématiques elles le feraient plus souvent et avec succès. De ce point de vue, le rôle tant des familles que de l'école est très important (Mosconi, 2004), d'autant plus que les élèves, déjà à partir d'un jeune âge, intériorisent et s'adaptent aux attentes genrées et souvent implicites culturellement apprises (King et al., 2021). Dans le contexte scolaire, par exemple, le corps enseignant devrait garder à l'esprit qu'à parité de notes les garçons sont généralement plus stimulés et mis au défi que

⁸ Par exemple, les femmes représentent environ un quart du total du corps étudiant en mathématiques de l'EPFL (Gregorio & Presutti, 2019).

les filles (Duru-Bellat, 2004). Cette prise de conscience est particulièrement importante pour les enseignants et enseignantes qui interviennent en fin de cycle juste avant le choix d'orientation (fin du primaire et du secondaire 1). En effet, ils et elles conseillent souvent les élèves et les familles par rapport au parcours scolaire à suivre et pourraient par exemple veiller à diriger un plus grand nombre de filles vers les filières scientifiques. Il s'agit donc d'accompagner l'orientation des élèves pour la rendre moins dépendante du genre (Vouillot et al., 2004), car cette orientation genrée que l'on observe chez les filles est d'autant plus préjudiciable qu'à terme, ces choix ont un réel impact sur leur niveau en mathématiques. En effet, en s'éloignant précocement des disciplines scientifiques à travers leurs choix d'option, les filles bénéficient moins de leurs apports et progressent donc moins vite en mathématiques. Seules les filles qui suivent ces options continuent à maintenir un niveau équivalent, voire supérieur à celui des garçons. C'est donc bien cet effet auto confirmatoire des stéréotypes qu'il s'agit de limiter auprès des filles, en leur donnant confiance en leurs compétences (Duru-Bellat, 2004) et en créant les conditions nécessaires à la poursuite de leur cursus dans ces disciplines. Plusieurs actions de sensibilisation du corps enseignant à ces questions ont été effectuées ces dernières années dans le canton de Vaud.

C'est dans ce contexte que certains gymnases vaudois (École de maturité) proposent depuis plusieurs années un cours de mathématiques intitulé *cours Mathilda* (Schneider & Office cantonal d'orientation scolaire et professionnelle, 2022). Il est proposé aux filles en dernière année du secondaire 1 sur plusieurs après-midis par des enseignantes du gymnase et dans les locaux du gymnase pour que ces élèves puissent faire des mathématiques autrement et être davantage stimulées afin d'éventuellement changer leur perception de cette discipline et d'elles-mêmes par rapport à la discipline. Sur le même modèle, un cours intitulé *cours mini Mathilda* est proposé dans quelques écoles aux filles de dernière année d'école primaire par des enseignantes de l'école secondaire. Il sera donc intéressant de mesurer l'impact de ces mesures, tant au niveau de leur confiance en leurs compétences que sur leurs choix d'orientation.

Par ailleurs, pour éviter que les filles se trouvent isolées dans les classes d'option spécifique Physique et applications des mathématiques du secondaire 2, ce qui pourrait les retenir de choisir cette option, les Écoles de maturité ont été encouragées à regrouper les filles au sein d'une même classe.

Au vu de l'importance des effets des choix de l'option spécifique dès la fin de l'école primaire, on peut s'interroger sur la pertinence de demander de tels choix à des élèves aussi jeunes. Le passage de l'École de maturité de trois à quatre ans prévu ces prochaines années permettra peut-être de retarder ces choix puisque les options spécifiques ne seront plus obligatoires au secondaire 1.

À l'école, les pistes d'action sont nombreuses, mais les inégalités de genre et d'orientation restent liées à des dynamiques sociales qui dépassent largement les murs de l'école. Ici, nous continuerons à trouver les inégalités extrascolaires et les interventions dans le domaine éducatif ne doivent être qu'un axe parmi d'autres pour opérer un réel changement.

BIBLIOGRAPHIE

- Anderson, B. N., & Martin, J. A. (2018). What K-12 Teachers Need to Know About Teaching Gifted Black Girls Battling Perfectionism and Stereotype Threat. *Gifted Child Today*, 41(3), 117–124. <https://doi.org/10.1177/1076217518768339>
- Bérubé Deschênes, N., Plante, I., Gauthier, E., Everhart Chaffee, K., & Mc Kinley, S. J. (2021). Les stéréotypes de genre à l'école. Dans K. Faniko, B. Dardenne, V. Yzerbyt & N. Ellemers (Dir.), *Psychologie du sexisme : Des stéréotypes de genre au harcèlement sexuel* (pp. 15–28). De Boeck Supérieur.
- Centre de Formation d'ONU Femmes. (2022, 5 juillet). *Glossaire d'égalité de sexes. Sexe (sexe biologique)*. <https://trainingcentre.unwomen.org/mod/glossary/view.php?id=151&mode=letter&hook=S&sortkey=&sortorder=asc>
- Collet, I. (2019). *Les oubliées du numérique*. Le Passeur éditeur. <https://doi.org/10.4000/ges.755>
- Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique (CDIP). (1995). *Recommandations et décisions* (2.11.1972-2.3.1995). <https://www.cdip.ch/fr/documentation/textes-juridiques/recommandations-1>

- Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique (CDIP). (2007). *Accord intercantonal sur l'harmonisation de la scolarité obligatoire (concordat HarmoS)*. <https://www.cdip.ch/fr/themes/scolarite-obligatoire>
- Département de la formation, de la jeunesse et de la culture. (2023, 15 septembre). *Site officiel État de Vaud*. <https://www.vd.ch/themes/formation/scolarite-obligatoire/deroulement-de-lecole-obligatoire-dans-le-canton-de-vaud/>
- Di Martino, P., & Gregorio, F. (2019). The Mathematical Crisis in Secondary–Tertiary Transition. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(4), 825–843. <http://hdl.handle.net/20.500.12162/1493>
- Dufour, N. (2007). L'EPFL lance un rattrapage en maths avant les études. *Le Temps*. <https://www.letemps.ch/suisse/lepfl-lance-un-rattrapage-maths-etudes>
- Duru-Bellat, M. (2004). École de garçons et école de filles.... *Diversité*, 138(1), 65–72. <https://doi.org/10.3406/diver.2004.2305>
- École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). (2023). Conditions d'admission & inscription Bachelor/CMS. EPFL. <https://www.epfl.ch/education/admission/fr/admission/conditions-dadmission-inscription-bachelor/#:~:text=L%27EPFL%20estime%20qu%27un,niveau%20C1%20est%20fortement%20conseillé>
- Faniko, K., & Dardenne, B. (2021). Avant-propos. Dans K. Faniko & B. Dardenne (Dirs.), *Psychologie du sexisme : Des stéréotypes de genre au harcèlement sexuel* (pp. IV–XVI). De Boeck Supérieur.
- Gianettoni, L., Blondé, J., Gross, D., & Guilley, E. (2021). Aspirations et formations professionnelles : effets du genre et de l'orientation sexuelle. Dans K. Faniko & B. Dardenne (Dirs.), *Psychologie du sexisme : Des stéréotypes de genre au harcèlement sexuel* (pp. 15–28). De Boeck Supérieur.
- Giberti, C. (2019). Differenze di genere in matematica: dagli studi internazionali alla situazione italiana. *Didattica Della Matematica. Dalla Ricerca Alle Pratiche d'aula*, 5, 44–69. <https://doi.org/10.33683/ddm.18.5.2>
- Glick, P., & Fiske, S. T. (1996). The Ambivalent Sexism Inventory: Differentiating hostile and benevolent sexism. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70(3), 491–512. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.70.3.491>
- Gymnase intercantonal de la Broye (GYB). (2023). *Mathématiques*. <https://plus.gyb.ch/filiere-maturite/mathematiques-standard-ou-renforce>
- Gregorio, F., & Presutti, S. (2019). Femmes et mathématiques: quel genre de problèmes? *Éducateur (L')*, Numéro spécial 2019, 7–9. <http://hdl.handle.net/20.500.12162/2881>
- King, T. L., Scovelle, A. J., Meehl, A., Milner, A. J., & Priest, N. (2021). Gender stereotypes and biases in early childhood: A systematic review. *Australasian Journal of Early Childhood*, 46(2), 112–125. <https://doi.org/10.1177/1836939121999849>
- Le grand conseil du canton de Vaud. (2011). *Loi sur l'enseignement obligatoire*. https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/formation/sante_scolaire/fichiers_pdf/Loi_sur_l_enseignement_obligatoire_LEO.pdf
- Moïse, C., & Pons-Desoutter, M. (2021). *Ce que les mathématiques font aux filles*. BREAL.
- Mosconi, N. (2004). De l'inégalité des sexes dans l'éducation familiale et scolaire. *Diversité*, 138(1), 15–22. <https://doi.org/10.3406/diver.2004.2298>
- O'Rourke, I., & Prendergast, M. (2021) Mathematics as a gendered subject: a deeper insight into students' attitudes in Irish post-primary schools. *Irish Educational Studies*, 40(4), 627–646. <https://doi.org/10.1080/03323315.2021.1910969>
- Office fédéral de la statistique (OFS). (2021, 10 juin). Démon 1/2021. Les femmes. Numéro OFS 239-2101. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/actualites/quoi-de-neuf.gnpdetail.2021-0172.html>
- Office fédéral de la statistique (OFS). (2022, 3 octobre). Salaire mensuel brut selon les groupes de professions, l'âge et le sexe - Secteur privé et secteur public ensemble [T17]. *Confédération Suisse*. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/travail-remuneration/salaires-revenus-cout-travail/niveau-salaires-suisse/groupes-professions.assetdetail.22988220.html>

- Organisation mondiale de la Santé. (2018, 23 août). Genre et santé. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/gender>
- Rogers, R. (Ed.). (2004). *La mixité dans l'éducation : Enjeux passés et présents*. ENS Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.enseditions.1796>
- Schneider, Z., & Office cantonal d'orientation scolaire et professionnelle. (2022, 12 mai). Un cours pour stimuler le goût des mathématiques auprès des filles. 24 heures. <https://www.vd.ch/themes/formation/orientation/telecharger-les-publications-de-loffice-cantonal-dorientation-scolaire-et-professionnelle/un-cours-pour-stimuler-le-gout-des-mathematiques-aupres-des-filles>
- Swim, J. K., Aikin, K. J., Hall, W. S., & Hunter, B. A. (1995). Sexism and racism: Old-fashioned and modern prejudices. *Journal of Personality and Social Psychology*, 68(2), 199–214. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.68.2.199>
- Vouillot, F., Blanchard, S., Marro, C., & Steinbruckner, M. L. (2004). La division sexuée de l'orientation et du travail : une question théorique et une question de pratiques. *Psychologie du Travail et des Organisations*, 10(3), 277–291. <https://doi.org/10.1016/j.pto.2004.07.004>

RMÉ
POUR CELLES EST CEUX
QUI S'INTÉRESSENT À L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES !

Vous êtes invité à proposer des contributions en rapport avec l'enseignement des mathématiques ou des sciences (articles, narrations, expériences, comptes rendus, réflexions).

Les articles doivent parvenir en version électronique à la rédaction (voir www.rme.swiss, consignes aux auteurs).

Chaque article est examiné par le rédacteur responsable et envoyé anonymisé à deux relecteurs pour avis.

Les auteurs sont informés des décisions de la rédaction à propos de leurs contributions, qui peut les accepter avec ou sans demande(s) de modifications ou les refuser.

Contact : contact@rme.swiss

Site internet : www.rme.swiss